
3 1761 07550729 3

K. RØRDAM:

GEOLOGI OG JORDBUNDSLÆRE

GEOLOGI OG JORDBUNDSLÆRE

TREDIE BIND

JORDBUNDSLÆRE

AF

K. RØRDAM





GYLDENDALSKE BOGHANDEL
NORDISK FORLAG

MDCCCCX



KØBENHAVN — FORLAGSTRYKKERIET

JORDBUNDSLÆREN udgør sidste Del af Værket Geologi og Jordbundslære. Første Del den almindelige Geologi udkom i Marts 1908, anden Del Danmarks Geologi i April 1909. Stoffets Beskaffenhed tillader ikke ganske samme Fremstillingsmaade som i de to første Bind. Jeg har dog lagt Vægt paa altid at fremhæve de almindelige naturhistoriske Synspunkter, samtidig med at det særlige for det enkelte Spørgsmaal blev behandlet. Medens Kilderne til Studiet af Emnerne i de to første Bind i Reglen er let tilgængelige og rummes indenfor den geologiske Videnskabs litterære Apparat, er Forholdet for Jordbundslærens Vedkommende i væsentlige Henseender forskelligt. Oplysningerne maa søges paa meget forskelligartede Steder, hvad der forøger det forudgaaende Arbejde meget. Da det er første Gang i alt Fald i nyere Tid, at Jordbundslæren har faaet en paa Kildestudier grundet fyldigere Fremstilling paa Dansk, har jeg ment det ønskeligt at lade Teksten ledsage af Henvisninger til nogle af de benyttede Kilder. De kan tjene til Anvisning paa et videre gaaende Studium af de i Teksten omhandlede Spørgsmaal. Ved Tvivlsspørgsmaal, hvor personlige Synspunkter har gjort sig gældende, er dette altid udtrykkelig fremhævet i Teksten og dokumenteret ved Henvisninger.

For Laan af Afbildningerne Fig. 1, 10, 11, 12 skylder jeg D'Hrr. Statsgeolog *A. Jessen*, Prof., Dr. *E. Warming* og Dr. *N. Hartz* megen Tak.

April 1910.

K. RØRDAM.

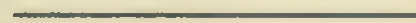
INDHOLDSFORTEGNELSE

Indledning.

Jordbunden.

Planterne og Jordbunden.

Jordforbedringsmidler.



JORDBUNDSLÆREN

I den almindelige Geologi saavel som i Danmarks Geologi har vi i det væsentlige kun beskæftiget os med Dannelser, der er afsluttede. Der er givet en Oversigt over Jordens Udviklingsgang fra dens Barndom op til den nuværende Tid, og i Danmarks Geologi er Forholdene i vort eget Land blevet særlig omhandlet. Vi har søgt at vise, hvorledes Jordens Levetid kunde inddeles i naturlige *Perioder*, og hvorledes Sten- og Jordlagene kunde henføres til bestemte *Formationer*, der atter kunde deles i Underafdelinger, der var karakteriseret ved Forekomsten af bestemte Dyre- eller Planteforsteninger.

Det har været en uhyre stor Kirkegaard, som vi har vandret rundt paa, og vi har søgt at læse Navnene paa de forskellige Gravsten. Vi har set, hvorledes man, efterhaanden som den geologiske Videnskab skred frem, blev i Stand til at forstaa mere og mere af de dunkle og af Tidens Tand ofte slemt medtagne Skrifttegn, saa at man nu kan paapege, at her ligger de stivnede Rester af Urtidens ildflydende Lavastrømme, her ligger Kultidens Skove begravet, og her staar en Kalksten, der fortæller om det nu udslukte Liv paa Bunden af Kridttidens Hav.

Nu gaar vi i Jordbundslæren over til at beskæftige os med, hvad vi kan kalde de levende Jordlag, til selve de Jordlag, der er under Dannelse den Dag i Dag, og blandt disse fortrinsvis til dem, som vi i et agerdyrkende og skovbrugende Land som Danmark selv søger at faa Indflydelse paa, eller i hvert Fald søger at faa saa nøje Kendskab til som muligt, for at kunne udnytte de fra Naturens Haand givne Betingelser paa den fordelagtigste Maade.

Man maa dog erindre, at der egentlig set slet ikke gennem Tiderne er dannet ny Jordlag af nyt tilkommet Materiale, men at der kun er flyttet rundt med det oprindelig i Jordens Indre, i Jordskorpen, i Havet og i Atmosfæren værende Stof. Det har været Kredsløb, men det er det samme Materiale, der har været tumlet med.

Der er ganske vist af forskellige Forskere, i sin Tid særlig af den berømte svenske Opdagelsesrejsende og Naturforsker *A. E. Nordenskjöld*

(1832—1901) fremsat Anskuelser om, at Jorden gennem Tiderne har faaet et meget væsentlig Tilskud af Stof udefra Verdensrummet gennem Meteorsten og Meteorstøv. En lignende Teori af endnu mere vidtgaaende Art hævdes i Nutiden af forskellige amerikanske Forskere. Det er sikkert nok, at der stadig tilføres Jorden noget Stof „ad Himmelvejen", men det er dog sandsynligt, at det er saa smaa Mængder, at de unddrager sig Iagttagelse under almindelige Forhold (1. Bd. S. 99). For Jordbrugets Vedkommende kan man i hvert Fald ganske se bort fra dette Tilskud.

De store Omflytninger, der har givet Anledning til Dannelsen af Formationerne, er i Hovedtrækkene behandlet i det foregaaende i 1.—2. Bd., nu skal nærmere betragtes de enkelte Jordlag, der danner den egentlige Jordbund for Plantevæksten.

Under primitive Forhold er Jordbruget og de dertil knyttede Virksomheder et Kredsløb af temmelig begrænset Omfang. Agerdyrkeren høster sit Korn, og sammen med sine Husdyr lever han af Høsten, medens Affaldsstofferne atter gaar tilbage og kommer Jorden tilgode. Det er for en væsentlig Del de samme Stofmængder, der gaar igen. Det er ligesom i en roligt voksende Skov; Træernes Blade falder til Jorden og omdannes til Muld, hvoraf Træerne henter Kraft til paany at sætte Blade og bære Frugt, det er et sluttet Samfund „der er sig selv nok".

For det mere udviklede Jordbrug og den deraf afhængige Planteavl og Husdyrbrug spiller derimod Transportmidlerne en meget vigtig Rolle, hvad enten disse har Form af gode Agerdyrkningsredskaber til Flytning og Transport i det smaa, eller udgøres af Jernveje og Dampskibe. Jordbrugerne pløjer, mergler og gøder, d. v. s. flytter Stofferne rundt i Jordens Overflade og tilfører ny Stoffer ofte hentet fra fjerne Lande, alt kun i den Hensigt at lette Planterne den Omflytning eller Omlejring af Stofferne, som kun disse Væsener er i Stand til at foretage ved Solens og Jordvæskernes Hjælp. Dyrene fortærer Plantestofferne og flytter Kulhydraterne, Fedtet og Æggehviden over i deres Legemer, og herfra flytter Landmanden eller hans Hjælpere atter disse Stoffer hen maaske til den anden Side af Jordkloden, hvor de oprindelig fra Jordbunden (og Luften) hentede Stoffer betales bedst.

Jordbundslæren beskæftiger sig væsentlig kun med Jordbunden men er dog nær knyttet til Lærefagene: Planteavl, Husdyrbrug og Landøkonomi, der beskæftiger sig med Planters og Husdyrs Trivsel og med Udnyttelsen af de gennem Planterne og Dyrene udvundne Produkter, med Jordbrugernes Stilling i Samfundet m. m.

De fire Forskningsveje Jordbundslære, Planteavl, Husdyrbrug og Landøkonomi danner et nær sammenhørende Hele „en Fir-

kløver". De tre første er nær knyttet til Naturvidenskabens forskellige Grene, og selv at anse for „anvendt Naturvidenskab". Selvom de fire Forskningsgrene arbejder hver for sig, staar de sig dog utvivlsomt bedst ved nogenlunde at følge Trop, saa at den ene ikke bliver for langt tilbage paa Marschen og derved sinker de andre. Men dette har ikke været indset til alle Tider og er i Danmark næppe gaaet helt op for mange endnu.

Landøkonomien, der arbejder med Statistik og Samfundsvidenskab som Hjælpere, er den mindst naturvidenskabelige af de fire, men er dog paa mange Maader knyttet til Naturvidenskaben. Den kan paa en Maade siges at have haft sin rigeste Blomstringsperiode i det 18de Aarhundrede og bar i det Tidsrum som Frugt: Bondestandens Frigørelse. Derefter indtraadte en Hviletid omtrent lige til Nutiden, hvor „Andelsforetagenderne" og „Husmandssagen" er Blomster eller frembrydende Knopper. I Planteavlen begyndte ny Skud at bryde frem i Slutningen af det 18de Aarhundrede ved Interessen for Indførelsen af forbedrede Driftsmetoder, ny Kornsorter m. m., og den sidste Snes Aar af Nutiden kan jo opvise den stærkeste Interesse for og Fremgang i alle Forskninger vedrørende Planteavl. I Husdyrbruget kom der fornyet Fart i sidste Halvdel af forrige Aarhundrede, da Kornudførslen døde hen, og Smør- og Flæskeeksporten tog Fart. Kun Jordbundsforskningen har længe ligget omtrent helt i Dvale, hvad den til Landbruget knyttede Side angaar. Selv Forsøg, der er udført med Hensyn til Anvendelse af Kunstgødning, har for en stor Del ikke været beregnet paa at give Oplysning om Jordbunden, men er nærmest udført af Hensyn til Planteavlen, og egentlige Jordbundsundersøgelser har kun meget faa haft Sands for blandt Landbrugets Mænd. For Skovbrugets Vedkommende har man derimod tidligt indset, at et grundigt paa videnskabelige Undersøgelser støttet Kendskab til Jordbunden var af stor Betydning for rationel Skovdrift, og her har Danmark Jordbundsundersøgelser at fremvise, der fuldt ud kan staa Maal med de bedste i Udlandet.

Jordbundslære kaldes ogsaa almindeligvis i Udlandet *Pedologi* med en fra det græske Sprog hentet Betegnelse, der betyder Kendskab til Jordbunden. Dette Navn for den ny Videnskab er foreslaaet af *F. A. Fallou* (1794—1877) en Forsker af fransk Afstamning, der levede i Sachsen og der i 1860 udgav den første egentlige „Pedologi". Han anses nu almindeligvis for Pedologiens Grundlægger[1]) og skriver selv i Fortalen til sin Jordbundslære om dette Spørgsmaal[2]): „Indledende og forberedende Skrifter er der nok af (1860), men ved det her stedfundne Forsøg (d. v. s. paa at skrive en „Jordbundslære") har jeg dog ingen Forgængere haft at kunne støtte mig til, og enhver Begyndelse er van-

skelig." Der var dog selvfølgelig før 1860 hist og her foretaget Jordbundsundersøgelser blandt andet herhjemme af *J. G. Forchhammer.* Agrikulturkemiske Studier havde mange fremragende Kemikere beskæftiget sig med længe før Fallou skrev sin Jordbundslære. Som de mest betydelige Forskere paa Agrikulturkemiens Omraade maa nævnes *I. B. I. D. Boussingault* (1802—1877) i Frankrig og *Justus v. Liebig* (1802—1887) i Tyskland og mange andre. Det har dog langt mere været Undersøgelser af Forhold vedrørende Dyrs og Planters Bestanddele, end egentlige systematiske Jordbundsundersøgelser, der har beskæftiget Forskerne i forrige Aarhundrede.

Medens der ved Beskrivelsen af den almindelige Geologi og ligeledes for Danmarks Geologi var udmærkede Undersøgelser fra Udland og Indland at holde sig til, er Forholdet altsaa væsentlig et andet ved Jordbundslæren. For den almindelige Agerjords Vedkommende er det kun lidt af danske Undersøgelser, der foreligger, og meget af, hvad der er foretaget af Forskninger i Udlandet, kan kun delvis lade sig anvende paa danske Forhold. Dette gælder saaledes de iøvrigt ligesaa snildt udtænkte som storslaaet iværksatte Forsøg, amerikanske Forskere har udført i de seneste Aar ved de forenede Staters *Bureau of soils*[3]). Noget bedre passende paa danske Forhold er de gennem en lang Aarrække i England udførte Forsøg særlig ved *Rothamsted.* Franske og tyske Skovbrugsforskere har ogsaa foretaget udmærkede Undersøgelser, som vil komme til Nytte. Det samme gælder for Ruslands Vedkommende, hvor Studiet af Jordbundslæren staar højt, men Sproget for en Del virker som en Forhindring, der ikke altid er let at sætte over. Hvad der yderligere vanskeliggør Studiet af Jordbundslære, saaledes som den fremtræder i Udlandets Litteratur, er den Omstændighed, at den er en ung Videnskab, et nyt Fag, hvor Avnerne og Ukrudtsfrøet endnu ikke helt er blevet blæst fra Kærnen.

Jordbundslæren har mange Berøringspunkter med Geologi men er dog artsforskellig fra denne ældre Videnskab. Geologi er nøje knyttet til Mineralogi, Zoologi og Botanik, tager historisk paa Jordlagene og søger at udfinde deres Oprindelse, deres Plads i Formationsrækken i ren videnskabelig Henseende, medens Jordbundslæren som nævnt er „anvendt Naturvidenskab" i nøje Samvirken med Agrikulturkemi, Gødningslære, Landbrugets Planteavl og andre Landbrugsfag. Det samme gælder den Gren af Jordbundslæren, der særlig lægger Vægt paa Studiet af Jordbunden i Skoven. Den er ogsaa knyttet nær til de forskellige Grene af den forstlige Videnskab og Praksis. Medens Geologi som al anden Naturvidenskab og Mathematik har sit Maal i sig selv ved Sandhedens Erkendelse og nødvendigvis maa følge sin egen Ud-

viklingsgang uden nogen Bihensigt, har Jordbundslære for saavidt intet selvstændigt Maal men er en Tjener, der stræber at frembringe Resultater til Nytte for det praktiske Jordbrug, ligesom fx. Mælkerilære tjener det praktiske Mælkeribrug osv. Begge Fag arbejder dog efter videnskabelige Metoder, og der kan i Arbejdets Løb ofte fremkomme Resultater, der ogsaa, rent bortset fra den praktiske Nytte de bringer, faar selvstændig videnskabelig Betydning.

JORDBUNDEN

Jordbundens Oprindelse.

De øverste Jordlag kan efter deres Oprindelse betegnes enten som Aflejringsjordbund eller Forvitringsjordbund.

Aflejringsjordbund er dannet ved, at paagældende Jordlag ved Vandet, Vinden, Gletscherisen, ved Virkningen af en vulkansk Eruption eller maaske ved Organismer er flyttet hen paa sit nuværende Lejested. Der behøver derfor ingen nærmere Forbindelse at være mellem Beskaffenheden af det aflejrede Jordlag og det underliggende Lag, hvorpaa det hviler.

Som Eksempel paa Aflejringsjordbund kan nævnes: Muldlag paa en Klippeoverflade, paa en Murkonstruktion (et Teglstentag) el. lg. Først indfinder der sig nøjsomme Mos- eller Lavarter, der kan ernære sig af Luft og Himlens Væde, og i deres krusede Overflade opfanger de Støvpartikler, Vinden fører med sig, hvad der i Forbindelse med de forraadnende Plantedele tjener til Gødning for nye Vækster. Herved dannes der i Tidens Løb under gunstige Omstændigheder et stedse tykkere Jordlag, der kan tilbageholde Fugtigheden og til Slut kan afgive Vokseplads for Træer og andre højere Planter.

Forvitringsjordbund er derimod fremkommet ved, at et Jord- eller Stenlag i sine øverste Partier eller maaske ned gennem hele sin Masse er blevet underkastet en Vejrsmuldrings- og Forvitringsproces paa de i 1. Bd. S. 156—161 angivne Maader.

Nogen ganske skarp Grænse mellem de to nævnte Jordbundsformer gives der dog ikke, da Aflejringsjordbunden i de fleste Tilfælde i sine øverste Partier er gaaet over til Forvitringsjord ved Atmosfæriliernes Indvirkning, og der omvendt i Forvitringsjordbundens øverste Lag er blevet aflejret Humusstoffer ved Planters og Dyrs Virksomhed eller ved Tilførsel af Gødning. Disse Omdannelser af de øverste Lag kan baade

hos Aflejringsjordbunden og Forvitringsjordbunden give Anledning til en anden Inddeling nemlig en Adskillelse mellem et Nedre og et Øvre mellem Undergrunden, der repræsenterer de væsentlig uforstyrrede Lag og Overgrunden, de ved Humustilførsel m. m. forandrede Lag. Kun den nøgne Kalk-, Sandsten- eller Granitklippe, den nøgne vegetationsløse Strandbred, den af Gletscheren nys forladte Jordoverflade, den nylig udgydte Lavastrøm, eller den frisk opblæste Flyvesand-

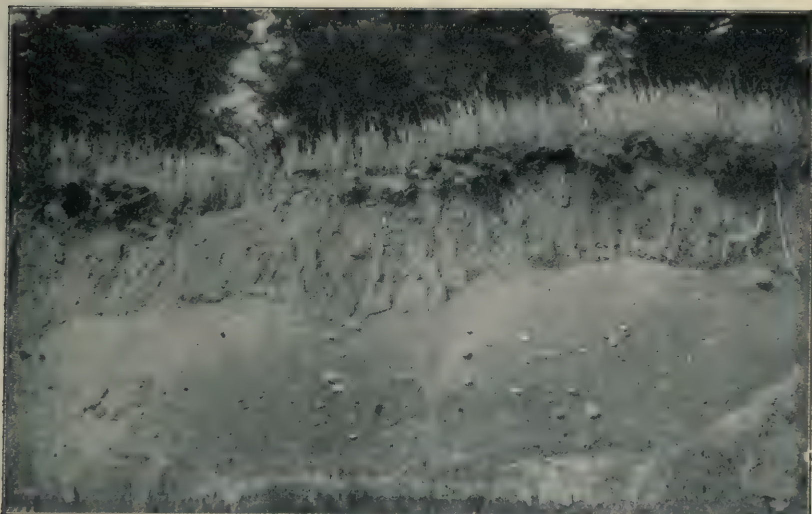


Fig. 1. Morænelerklint S. V. for Wedellsborg, Fyn. Forvitret Moræneler danner Overgrunden og hviler med uregelmæssig Grænseflade paa Undergrundens uforvitrede Moræneler. (Efter *A. Jessen.*)

klit kan siges ganske at være blottet for Overgrund. I Reglen vil dog ogsaa her meget snart indtræde nogen Forvitring af Overfladen, Mos, Lavarter og andre Planter vil indfinde sig og „klæde Jorden“ og derved snart skabe en Overgrund, hvori anden Plantevækst og Dyrelivet fortsætter med Omdannelsen af Jordlagene.

Rent ad naturlig Vej ved Organismernes Virksomhed dannes der altsaa en Overgrund, som udmærker sig ved at indeholde en større eller mindre Mængde Humusstoffer og derfor i Reglen er af mørkere Farve end Undergrunden, der er humusfri*). Ved Jorddyrkningen omdannes den alleroverste Del af Overgrunden yderligere til et Kulturlag (1. Bd. S. 96), der ved Gødningstilførsel og ved Bearbejdning med Agerbrugsredskaberne bliver bragt for en i Plantevæksten tjenlig Tilstand. Hvor Agerdyrkning finder Sted paa almindelig Maade som i Dan-

*) Humusjorder, der er opstaaet af Tørv og lignende Aflejringer, indeholder dog selvsagt ogsaa Humusstoffer i Undergrunden.

mark, har dette Pløjelag en Tykkelse af c. 25 Cm. (c. 10") men kan, hvor Jorden undergrundpløjes eller kulegraves som i Gartneriet naa større Tykkelse. I Naturskov, paa urørt Lynghede eller paa naturlige Græsmarker eller Enge, hvor Plov eller Spade ikke har været i Jorden, gaar Overgrunden lige op til Overfladen, men saadanne Strækninger med jomfruelig Jord er meget sjældne i Danmark, om de overhovedet findes her. Alle andre Steder findes øverst et mer eller mindre udpræget Kulturlag, under hvilket Overgrunden gaar ned til vekslende Dybde i Reglen 1—1,5 M.

Det ligger i Sagens Natur og i Overgrundens Oprindelsesmaade, at der kun i de færreste Tilfælde er en ganske skarp Grænse mellem Over- og Undergrund men derimod vel en Grænsezone, hvori Undergrunden gaar over i Overgrunden. Som vi senere skal se gennem derover anstillede Analyser, er denne Grænsezone ved vor vigtigste Undergrundsjordart Moræneleret dog kun tynd, saa at Grænsefladen mellem Over- og Undergrund er meget let at iagttage. I Fig. 1 er saaledes gengivet efter *A. Jessen* et Fotografi af en Morænelerklint nærved Wedellsborg paa Fyn. Overgrunden, der er 1,5 M. mægtig, skiller sig tydelig ud fra det uforvitrede Moræneler, der danner Undergrunden.

Grænsefladen, der skiller Over- fra Undergrund, har ofte en meget bugtet og uregelmæssig Form, saa at Overgrunden strækker sig tap- eller kedelformig ned i Undergrunden. Mange forskellige Forhold er raadende i saa Henseende, dels selve Undergrundens Beskaffenhed og dens Vandføring til forskellige Aarstider men ogsaa Arten af den Plantevækst, der vokser paa Overfladen og sender Rødderne nedad, da Planternes Rødder efter Planternes Art og Udvikling og efter Næringsindholdet og Fugtighedsindholdet i Jordbunden trænger ned i Jorden i højst forskellig Dybde. En Jordbund med en Overgrund af ringe Tykkelse kaldes fladgrundet, hvorimod Jordbund med dyb Overgrund (1,5—2 M.) kaldes dybgrundet.

Jordbundens Beskaffenhed.

Jordbunden er som Stof betragtet en Blanding af luftformige, flydende og faste Stoffer. Jordbundens større eller mindre Godhed overfor Plantevæksten afhænger ikke alene af disse forskellige Stoffers relative Mængde, men ogsaa i høj Grad af Blandingsmaaden, saa at den rette Porøsitet kommer til Stede og bevares. Ved Agerdyrkningen gælder det derfor dels at vælge den rette Form for Bearbejdningen af Jorden, dels i høj Grad at vælge den rette Tid for Bearbejdningen, naar Jorden er bekvem at arbejde i, d. v. s., naar den ved Bearbejdningen op-

naar den rette Porøsitet. Nutidens sindrige Agerdyrkningsredskaber og kraftige Forspand tillader dog langt større Frihed i saa Henseende end tidligere. For Skovbrugerne kan Bearbejdningen af Jordbunden ogsaa spille nogen Rolle men dog i meget ringere Grad end i Agerbruget, paa Grund af de lange Omdrifter i Skovdyrkningen. Her gælder det derimod for Jordbrugeren at sørge for ved hensigtssvarende Midler at fremme og bevare den ved Naturens Haand frembragte passende Jordbundstilstand, og Mangel paa Paapasselighed i saa Henseende kan have langt varigere og skadeligere Følger for Skoven end Forsømmelser i Agerbruget, der økonomisk set kan være skadelige nok, men dog hurtig kan oprettes, naar de rette Midler vælges. Vi vil nu lidt nærmere betragte de enkelte Bestanddele, hvoraf Overgrunden er sammensat, nemlig Jordluften, Jordvandet og Jordbundens faste Bestanddele.

Jordluften.

Jordluften stammer dels fra atmosfærisk Luft, der er trængt ned i Jorden, dels fra Luftarter, der er udviklet i Overgrunden og dels af Luft, der er trængt frem fra dybere Lag. Da en væsentlig Del af Jordluften hidrører fra den atmosfæriske Luft, maa dennes Beskaffenhed kortelig berøres.

Hvis Jordens Atmosfære helt igennem havde samme Tæthed som ved Jordoverfladen, vilde den danne et Lag paa omtrent 8 Km. Tykkelse uden om Jorden, men som man vil vide, aftager Atmosfærens Tæthed stærkt med Højden over Jordoverfladen. I 100 Km. Afstand fra Jordoverfladen er Luftens Tæthed forsvindende ringe, men man mener dog, at der er Luft op til omtrent 300 Km. over Jordens Overflade. Atmosfæren viser sig, hvor ikke ganske særegne Forhold gør sig gældende, overalt at være en meget ensartet Blanding af Kvælstof, Ilt og lidt Kulsyre, saaledes at der findes i hel tør Luft:

	Efter Rumfang:	Efter Vægt:
Kulsyre.............	0,03 %	0,047 %
Ilt..................	20,93 -	23,278 -
Kvælstof m. m........	79,04 -	76,675 -
	100,00 %	100,00 %

Af „Kvælstof m. m." udgøres c. 0,9 % af Argon, og yderligere smaa Mængder af Helium og beslægtede Stoffer*). Den atmosfæriske Luft indeholder desuden altid større eller mindre Mængder Vanddamp, Am-

*) Smlg. *O. T. Christensen:* „Grundtræk af den uorganiske Kemi" 3. Udg. Kbhvn. 1902. S. 79.

moniak, Salpetersyre, Svovlbrinte og Kulbrinter, samt opslemmede faste Stoffer saasom Saltpartikler, Organismer og Dele af samme, og mineralsk Støv af terrestrisk og kosmisk Oprindelse.

Kulsyren i den atmosfæriske Luft spiller den største Rolle med Hensyn til Planternes Ernæring og faar derigennem en indgribende Betydning for alle levende Væsner, da alle hidtil kendte Organismer indeholder Kulstofforbindelser. Luftens Kulsyreindhold er, som anført ovenfor, i Gennemsnit $0{,}_{03}$ Rmf. % eller $0{,}_{05}$ Vægt % men svinger noget op og ned paa forskellige Steder under forskellige Omstændigheder. Der er i Tidens Løb anstillet en stor Mængde Undersøgelser over dette Spørgsmaal, som er af stor Vigtighed i forskellige Henseender. Vi kan her indskrænke os til at omtale nogle af de nyeste, som er offentliggjort 1905 af Englænderne *H. F. Brown* og *F. Escombe*, der foretog deres Undersøgelser fra 1898—1901 ved det store Laboratorium i Kew ved London [1]). Ved 91 Analyser anstillet i Løbet af de nævnte fire Aar fandt de, at 10 000 Rmf. Luft i Middeltal indeholdt $2{,}_{94}$ Rmf. Kulsyre, men at Kulsyremængderne kunde svinge mellem $2{,}_{43}$ som Minimum og $3{,}_{60}$ Rmf. som Maksimum. Den sidste Værdi var dog abnorm høj og fandtes paa et Tidspunkt, hvor der længe havde hersket en stærk Taage, der havde forhindret fri Luftveksling. Som almindelig Regel var Kulsyremængden om Vinteren lidt større end om Sommeren, men i 1901 var der dog undtagelsesvis i Juli $3{,}_{11}$ Rmf. Kulsyre i 10 000 Rmf. Luft. I det hele synes Kulsyremængdens Variationer at være mere afhængig af Vindforholdene end af Aarstiden. Der viser sig saaledes at indtræde Kulsyremaksimum i Luften, naar der hersker Anticykloner, d. v. s. naar de herskende Vinde blæser ud fra det barometriske Maksimum paa paagældende Sted. Grunden hertil er sandsynligvis en dobbelt. Dels suges der mere Kulsyre op af Jordbunden under disse Omstændigheder, da Anticykloner falder sammen med tørt Vejr, saa at Jorden er mere tør og porøs, dels bliver Kulsyren ikke udvasket af Luften og ført bort med Regnvandet, saaledes som det sker i Regnvejr.

Variationerne i Atmosfærens Kulsyremængde er ganske vist kun smaa set i Forhold til de andre Bestanddele i Luften, men i Forhold til selve Kulsyremængden er Svingningerne ingenlunde ubetydelige og maa antages at spille en Rolle m. H. t. Planternes Ernæring og flere andre Forhold (fx. Forvitringen), men man savner endnu nærmere Undersøgelser herover. Hvor indgribende Betydning Kulsyremængden i Luften kan antages at have med Hensyn til de klimatiske Forhold og derigennem paa de geologiske Omdannelser, Jorden har undergaaet til forskellige Tider, er allerede omtalt (1. Bd. S. 374—377).

At Luften i Omegnen af de Steder, hvor der sker stærke Kulsyre-

udstrømninger af Jorden (1. Bd. S. 138), kan være meget kulsyrerig er selvforstaaelig, men de udstrømmende Kulsyremængder fordeles dog snart i Atmosfæren ved Luftstrømningerne og ved Vinden. Noget vanskeligere bliver det at forklare, hvad danske Undersøgelser — *A. Krogh* — har eftervist ved Analyser af Luften ved Diskoøen paa Vestkysten af Grønland. Her viser det sig, at der kan være op til 7 Rmf. Kulsyre (i Middeltal 4,8 Rmf.) i 10 000 Rmf. Luft, skønt der ikke i Nærheden findes Vulkaner, og saavidt man ved ej heller særlige Kulsyrekilder i disse Egne, men kun Mangel paa Plantevækst, der kan forbruge Kulsyren.

Skovluft har Ord for at være særlig „ren og god". I kemisk Henseende adskiller den sig dog næppe fra Luften oven den aabne Mark*). *J. Reiset* har ved 27 Analyser i tæt stillet Skov fundet 2,92 Rmf. Kulsyre og samtidig over aaben Mark 2,90 Rmf. Kulsyre i 10 000 Rmf. Luft. Andre Undersøgelser viser, at der til Tider under meget tætstillet Ungskov kan være 1 3/4 Gange saa meget Kulsyre som over den aabne Mark, sandsynligvis paa Grund af, at det tykke Løvlag paa Skovbunden ved Forraadnelsen udviklede meget Kulsyre, der ikke saa let kan slippe bort i den tætte Skov, men Luftbevægelse vil dog snart forstyrre dette Forhold. Man har tidligere formodet, at Skovluft skulde være særlig rig paa Ozon, men Undersøgelserne synes ikke at bekræfte denne Antagelse. Vi savner dog i denne som i mange andre Henseender danske Undersøgelser over Luftens Sammensætning i Skove og paa aaben Mark. I Almindelighed kan man dog sige, at naar man ser bort fra de vekslende Mængder Vanddampe, har det os omgivende Lufthav i det store og hele samme Sammensætning hele Jordkloden over.

For at danne os et Begreb om Kulsyrens Betydning ved Dannelsen af Plantestofferne kan vi opstille følgende Beregning. En god Havreafgrøde giver pr. Hektare c. 4000 Kg. Kærne og 6000 Kg. Straa, i alt 10 000 Kg. Heri udgør det askefri Tørstof c. 80 % altsaa 8000 Kg. Af Tørstoffet er paa det nærmeste Halvdelen altsaa 4000 Kg. Kulstof. Regnes Havrens Voksetid for 133 Dage, fastbindes der hver Dag pr. Hektare 30 Kg. Kulstof = 110 Kg. Kulsyre (CO_2). Dette bliver 11 Gram Kulsyre pr. Kvadratmeter. 11 Gram Kulsyre = 5,5 Liter Kulsyre. I 10 000 Liter atmosfærisk Luft findes c. 2,9 Liter Kulsyre, altsaa svarer 5,5 Liter Kulsyre omtrent til 20 000 Liter Luft eller til 20 Kubikmeter.

*) Det har derimod vist sig, at Luften i tæt Skov er langt mindre støv- og bakteriefyldt end Luft over aaben Mark, antagelig fordi Luften i Skoven filtreres gennem de tætte Løvmasser og er mere i Ro, saa at Urenhederne „sætter sig". Herigennem og ligeledes ved Indholdet af smaa Mængder af stærkt lugtende Stoffer fra Planteriget — Terpentin m. m. — beror sandsynligvis den opmuntrende og lægende Indflydelse som Skovluften formenes at have paa Patienter, der lider af Lungesygdomme m. m.

Det vil sige, Havren, der vokser paa en Kvadratmeter Jord, forbruger daglig Kulsyremængden i 20 Kubikmeter Luft, altsaa Kulsyren i en Luftsøjle paa 20 Meters Højde. Denne Mængde er dog i Virkeligheden ikke tilstrækkelig, da der maa produceres betydelig mere Stof end der høstes, da en Del Stof forbrændes i Plantens Legeme ved Aandedrættet og en Del bliver tilbage paa Marken som Stubbe og Rødder. Hvis Atmosfæren helt igennem havde samme Tæthed, vilde den som før nævnt dække Jorden med et c. 8 Km. tykt Luftlag. Tænker man sig hele Jordoverfladen dækket med en Plantevækst som en Kornmark i fuld Groning, vilde der altsaa herved daglig fortæres Kulsyren af et over 20 M. mægtigt Luftlag. Atmosfærens Kulsyremængde vilde i saa Fald ikke forslaa til mere end et Aars Plantevækst, hvis der ikke gaves kulsyreudviklende Virksomheder, der holdt Trit med Planternes Kulsyreforbrug. De virkelige Forhold stiller sig dog noget anderledes. *Liebig* har beregnet, at der i Mellemeuropa paa en Hektare Ager, Eng eller Skov i Gennemsnit produceres omtrent den samme Mængde organisk Stof, nemlig c. 2,5 Tons Tørstof pr. Hektare (altsaa kun $^1/_4$ af ovenomtalte gode Havreafgrøde). Med et Indhold af kun 40 % Kulstof og med samme Middelafgrøde for hele det faste Lands Overflade bliver den aarlige Kulstofvinding ved Hjælp af Planter for hele Jorden 13 000 Million Tons (iflg. *Svante Arrhenius*), hvad der svarer til 2 % af hele Atmosfærens Kulstofindhold (som Kulsyre). I 1904 forbrændtes der over hele Jorden 900 Millioner Tons Kul, altsaa omtrent 7 % af den Mængde Kulstof, Planterne binder, men da Industriens Stenkulforbrug er stærkt stigende, vil den derved dannede Kulsyre dog efterhaanden faa en Del Betydning for Plantevæksten. Omvendt vil Agerbrugets Udvikling ved den forøgede Mulddannelse i Jorden binde Kulstofforbindelser og formindske den disponible Kulsyremængde i Luften.

Jordluftens Beskaffenhed er langt mere vekslende end den atmosfæriske Lufts. Den praktiske Erfaring har forlængst været i Stand til at fastslaa dette Forhold. I Kældere og Tunneller kan Luften ofte være saa iltfattig, at man vanskelig kan aande der, og Lys brænder kun daarligt paa Grund af „den fordærvede Luft“, d. v. s. paa Grund af dens Kulsyreindhold.

Indtil for en Snes Aar siden (og af og til endnu) fandtes hen mod Sommerens Slutning rundt om i Landets Aviser regelmæssigt Beretninger om Personer, der var døde eller havde været Døden nær „ved Forsøg paa at rense Brønden“. Vandmangel indfandt sig ofte ved Sommerens Slutning i de den Gang lidet dybe Brønde paa Landet, og „Posten gav ikke mere Vand“. Brønddækslet blev fjernet, og en Stige nedsat i Brønden, men det var ofte Livet om at gøre for den, der uforsigtig

vovede sig ned i den kulsyresvangre Luft i Dybet, og ikke iforvejen ved at nedsænke et tændt Lys havde forvisset sig om Luftens Beskaffenhed.

I Kældere og Brønde, der er beskyttet mod Gennemtræk, kan Kulsyremængden stige saa stærkt, at den udgør mange Procent af Luftens Rumfang, saa at Kvælstof- og navnlig Iltindholdet i Luften er meget nedsat. Dette beror uden Tvivl paa, at den tungere Kulsyre flyder ned fra Jordlagene, hvor den udvikles, og samler sig paa Beholderens Bund. I Overgrunden kan under almindelige Omstændigheder Kulsyremængden ikke stige saa stærkt, da der paa Grund af det vekslende Lufttryk paa Jordoverfladen til Tider presses atmosfærisk Luft ned i Overgrunden, til andre Tider derimod suges Kulsyre op i Atmosfæren fra Overgrunden. Men der vil dog i Reglen være forholdsvis betydelig mere Kulsyre i Jordluften end i Atmosfæren.

Medens Kulsyremængden i Atmosfæren kun varierer med meget smaa Tal, er som nævnt Kulsyremængden i Jordluften ikke alene relativt set meget højere men ogsaa underkastet langt større Svingninger. Som almindelig Regel kan man anføre:

1) At Kulsyremængden stiger med Dybden under Overfladen indtil en vis Dybde for derefter atter at aftage.

2) At Kulsyremængden stiger og falder med Aarstiderne — d. v. s. med Jordens Temperatur — saaledes at der i den varmeste Aarstid kan være mere end dobbelt saa meget Kulsyre i Jordluften som i den kolde.

3) I samme Jordbund kan Kulsyremængden være meget forskellig fra Aar til andet.

4) Kulsyremængden aftager, naar Jordbunden bliver tør, men forøges, naar der indtræder en passende Fugtighedsgrad.

Som Eksempel herpaa kan anføres nogle danske Undersøgelser, der blev anstillet i Slutningen af forrige Aarhundrede i d. gl. polyt. Læreanstalts Gaard i Studiestræde i borede Huller[5]). Herved blev fundet i 10000 Rmf. Luft:

		Dybde:	
1884	0,5 M.	1,0 M.	3 M.
Januar—Marts 13 Bestm.	73,1 Rmf. CO_2	181,0 Rmf.	28,0 Rmf.
April—Juni 13 —	131,7 —	175,6 —	82,8 —
Juli—Septbr. 12 —	212,8 —	237,1 —	161,8 —
Oktbr.—Decbr. 13 —	110,4 —	282,2 —	86,4 —
Middeltal for hele Aaret . . .	132,0 Rmf. CO_2	218,9 Rmf.	89,8 Rmf.

Da Atmosfæren som nævnt S. 10 i 10000 Rmf. kun indeholder 2,94 Rmf. Kulsyre, vil man se, hvor langt rigere Jordluften kan være paa denne Luftart. Det samme viser sig ved Forsøg, som *Ebermayer* udførte

under mere naturlige Jordbundsforhold end de nævnte danske Forsøg blev udført under. Han fandt, at 10 000 Rmf. Jordluft ved München i Forsommeren indeholdt:

	I 15 Cm. Dybde:	I 70 Cm. Dybde:
Under 8-aarige Fyrreplantninger	13,3 Rmf. CO_2	100,3 Rmf.
— 8-aarige Bøgeplantninger	6,7 —	12,5 —
I Brakjord..................	14,8 —	89,6 —

At Jordluften under tætstillet Ungskov i Særdeleshed under unge stærkt skyggegivende Bøge om Forsommeren er kulsyrefattigere end under aaben Mark og under lys Fyrreskov, synes at være et konstant Fænomen ifølge adskillige derover anstillede Undersøgelser. Det beror sandsynligvis paa, at Jordbunden en Tid lang er koldere under de stærkt skyggegivende Træer, hvorved Forraadnelsen af de organiske Stoffer i Jordbunden — og som Følge deraf Kulsyreudviklingen — hæmmes. Andre Omstændigheder, saasom Bøgeroddernes Evne til at holde Jordbunden mere porøs, end Fyrrerødderne gør det, menes ogsaa at have Indflydelse paa dette Forhold, da den udviklede Kulsyre derved lettere kan slippe op i Atmosfæren. Sandsynligvis spiller Regnormenes Virksomhed, der senere vil blive omtalt, ogsaa en betydelig Rolle i saa Henseende. At der netop i saadan tætstillet Ungskov i Atmosfæren fandtes mere Kulsyre end sædvanligt er allerede omtalt S. 11, og synes ogsaa at bekræfte den antagne Blanding af den atmosfæriske Luft med Jordluften.

At Kulsyremængden i Jordbunden i alt Fald for en væsentlig Del skyldes Forraadnelsen, eller om man vil Forbrændingen af de organiske Stoffer i Overgrunden, blev allerede i Midten af forrige Aarhundrede eftervist ved en Række meget omhyggelig gennemførte Forsøg, som de franske Forskere *Boussingault* og *Lewy* udførte[6]). De viste, „at organiske Stoffer, der udsættes for Luftens, Fugtighedens og en passende Varmegrads forenede Paavirkning, udvikler Kulsyre, Vand og naar de er kvælstofholdige tillige Ammoniak. Naar de er nedbragt i tilstrækkelig porøse Jordlag, er deres Forbrænding saa fuldstændig, at i varme Lande bliver endog meget stærkt humusholdig Jord i Løbet af faa Aar fuldstændig berøvet al Humus, naar den dyrkes, uden at der tilføres Gødning". Blandt de af B. og L. udførte Undersøgelser kan eksempelvis anføres følgende:

En typisk Forvitringsjordbund opstaaet ved Vejrsmuldring af „Broget Sandsten" (1. Bd. S. 287), som altsaa udgjorde en meget let og sandet Jord, havde om Sommeren været drevet med Kartofler. Den 2. Septbr. (1852) blev Jorden gødet med 30 000 Kg. tildels sammenbrændt („halv

forraadnet") Staldgødning pr. Hektare. 6 Dage efter, den 7. Septbr., indeholdt 10 000 Rmf. af Jordluften i 35 Cm. Dybde:

217 Rmf. Kulsyre.

Udpaa Aftenen blev det Regnvejr, og den næste Morgen, den 8. Septbr., indeholdt Jordluften 235 Rmf. Kulsyre i 10 000 Rmf. Jordluft. Derefter var det Regnvejr i 4 Dage, og Jorden blev helt gennemblødt, men dens sandede Beskaffenhed foraarsagede dog, at der ikke dannede sig Vandpytter paa Overfladen. I Løbet af de fire Dage var der sket en mægtig Forøgelse af Kulsyremængden, saa at der nu, den 11. Septbr., fandtes i 10 000 Rmf. Jordluft:

974 Rmf. Kulsyre.

Den voldsomme Kulsyreudvikling fortsattes i de følgende Dage dog med noget aftagende Styrke, saa at der den 18. Septbr. fandtes i et ligesaa stort Rmf. Jordluft:

777 Rmf. Kulsyre.

At det var Gødningstilførslen, der var Grunden til Kulsyreudviklingen, viste sig yderligere ved Undersøgelse af Luften i Jordbunden paa en Mark, hvor der om Sommeren var dyrket Gulerødder, men hvorpaa der ikke var kørt Gødning før Forsøget i September. Jordbunden var af samme Art som i de foregaaende Forsøg. Den 18. Septbr. fandtes der under iøvrigt de samme Forsøgsbetingelser som før i 10 000 Rmf. Jordluft kun — 93 Rmf. Kulsyre.

Luftmængden i Jordbunden. Mængden af Jordluft i en Jordmasse afhænger dels af de faste Stoffers Kornstørrelse og Lejringsforhold, dels af Vandmængden i Jorden. Er Jorden fuldstændig tør, indeholder den det Maksimum af Luft, som en Jordart, der bestaar af paagældende Bestanddele, under de givne Lejringsforhold kan indeholde. Er Jorden derimod fuldstændig vandmættet, vil den slet ingen Luft indeholde bortset fra de i Jordvandet maaske opløste Luftarter. Ved et Jordlags *Luftfylde* forstaar man Forholdet — udtrykt i Procent — mellem Rumfanget af Jordmassen og Rumfanget af den i samme (i det givne Øjeblik) værende Luftmængde.

For at bestemme Luftfylden af en given Jordart udtager man med et dertil egnet Redskab — fx. et cylindrisk skarpkantet Staalrør, der rummer 1 Liter — et vist Rumfang Jord = R. Jordmassen vejes umiddelbart efter Udtagningen eller anbringes i en tætsluttende Beholder, til Vejningen er foretaget. Derefter tørres Jordprøven ved almindelig Temperatur (c. 15°) i et tørt støvfrit Rum og vejes paany. Differentsen mellem de to Vejninger angiver Jordvandets Vægt og saaledes ogsaa dets Rumfang R_v i Jordprøven i den naturlige Tilstand. Naar Jorddelenes Vægtfylde kendes — eller i modsat Fald bestemmes (1. Bd. S. 19),

kan man yderligere af Vægten paa den tørrede Jord finde dens — d. v. s. selve de faste Jorddeles Rumfang — R_j. Jordluftens Rumfang R_l er følgelig:

$$R_l = R - (R_v + R_j) \quad (1)$$

og Luftfylden L bliver altsaa:

$$L = 100 \cdot \frac{R_l}{R} \quad (2)$$

Af (1) ser man, at naar Jorden var fuldkommen tør, d. v. s. $R_v = 0$, bliver

$$R_l = R - R_j.$$

Luftfylden vil i saa Fald have den højeste Størrelse, som den kan naa, og give et Udtryk for Porefylden P eller Jordens Porøsitet, d. v. s. den procentiske Mængde af Hulrum, der findes i paagældende Jordprøve.

$$P = 100 \cdot \frac{R_l}{R}$$

Er Jorden derimod fuldstændig vandmættet, er $R_l = 0$, altsaa $R_v = R - R_j$. I saa Fald vil $L = 0$, og R_v vil nu give et Maal paa Porøsiteten eller Porefylden:

$$P = 100 \cdot \frac{R_v}{R}$$

Overgrundens Ventilation spiller en betydelig Rolle baade for de i den levende Planterødders Velbefindende, for Arten af den Mikroflora (Bakterier og Svampe), der findes i Jorden, og m. H. t. Maaden, hvorpaa Stofferne baade de uorganiske Mineralpartikler og de organiske Bestanddele omdannes. Som allerede berørt, sker der en idelig Luftveksling mellem Overgrunden og den derover værende Atmosfære og for en Del ogsaa mellem Over- og Undergrund. Jordbunden optræder i den Henseende ganske som et levende Væsen. Jorden drager Aande og indsuger den friske Luft fra Atmosfæren og udstøder den kulsyresvangre Jordluft, men Udvekslingen foregaar ved kemiske og fysiske Kræfters Virksomhed. Diffusionen af Kulsyre op i Atmosfæren og af Ilt ned i Jorden foregaar ustandselig efter de sædvanlige Love for Luftarters Sammenblanding. Barometerstandens Vekslinger frembringer og saa en stadig Ventilation. Ved lavt Lufttryk suges Luft op af Jorden i Atmosfæren, medens der ved højt Lufttryk presses Luft ned i Jorden. Temperaturforandringer vil frembringe lignende Spændingsforskelle, som Luftudvekslingen mellem Jorden og Atmosfæren og mellem de enkelte Jordlag indbyrdes søger at udligne. Endnu savner man dog i høj Grad Iagttagelser over Lufttrykkets Vekslinger i Jordlagene, saa at nærmere Enkeltheder næppe kan angives.

Rent teoretisk set er Spørgsmaalet om Luftudvekslingen mellem Atmosfæren og Jorden blevet underkastet en dybtgaaende og klar Behand-

ling af den amerikanske Forsker *Edgar Buckingham* for faa Aar siden. For at fremskaffe de nødvendige Data angaaende Luftens og Kulsyrens Gennemsivning („Transpiration") og Sammenblanding („Diffusion") gennem Jordlagene benyttede B. et overordentlig sindrigt Apparat, der tillod en afmaalt Luftmængde skiftevis af atmosfærisk Luft og af Kulsyre at passere gennem et Jordlag af en vis Tykkelse[7]). Buckinghams Undersøgelser klarlægger Lovene for Udvekslingen gennem Jordlagene, men beror som nævnt paa teoretiske Overvejelser og Laboratorieforsøg og giver intet nærmere om Forholdene i Naturen.

Et Jordlags Gennemluftningsevne afhænger i det givne Øjeblik i høj Grad af Jordens større eller mindre Vandfylde. Vandmættet Jord er ganske uigennemtrængelig for Luft. Desuden afhænger Gennemluftningsevnen af Jorddelenes Kornstørrelse og Lejringsmaade. En fastsammenhængende Stenmasse vil saa godt som slet ikke tillade Gennemluftning og vil kun i ringe Grad lade Vandet passere (smlg. dog 1. Bd. S. 176), større Sten i et Jordlag vil derfor i kendelig Grad formindske Porøsiteten, da de tager Pladsen op for de Hulrum og Kanaler, der ellers kunde være i Jordarten. Bestaar Jorden derimod helt igennem af grovkornet Materiale (Grus), vil dette i Reglen være lejret saaledes, at baade Luft og Vand let kan passere igennem det, hvad der ogsaa benyttes i Praksis ved Anbringelsen af Stenfaskiner i et Jordlag, der skal afvandes.

E. Wollny har ved nogle Forsøg, af hvilke følgende kan anføres, vist, hvor stor Rolle Kornstørrelsen spiller. Jordprøven blev anbragt i et Rør, der i den ene Ende var forsynet med en Trykmaaler og et Tilledningsrør for Luften, i den anden Ende lukket med et fint Traadnet, saa at Luften kunde gaa bort, uden at Jorden faldt ud. Som Jordart blev benyttet Kvartssand af forskellig Kornstørrelse. Ved et konstant Overtryk — 10 Cm. Vandtryk — og samme Højde af Jordsøjlerne i Røret (10 Cm.), passerede i 1 Time følgende Luftmængder gennem Jordlagene:

Kornstørrelse	0,01—0,07 Mm.	2 Liter
	0,07—0,11 —	35 —
	0,11—0,17 —	77 —
	0,17—0,25 —	140 —
	0,25—0,50 —	358 —
	0,5 —1,0 —	713 —
	1,0 —2,0 —	2883 —

Men ikke alene Kornstørrelsen, men ogsaa den mere eller mindre kompakte Lejringsmaade spiller, som man kan forudsætte, en stor

Rolle ved Gennemluftningen. Dette fremgaar meget net af nogle Forsøg, som *G. Ammon* har anstillet. Han fandt, at samme Jordart „humusholdig Kalksand" i Løbet af 1 Time ved 40 Mm. Overtryk lod følgende Luftmængder passere gennem sig:

Fast sammenstampet Jord	2	Liter
Fast trykket —	72	—
Løst sammenrystet —	357	—

Jordarternes Struktur er ogsaa af stor Betydning for Gennemluftningsevnen. Jordarter, der petrografisk set er yderst finkornet krystallinske eller endog bestaar af amorfe Bestanddele saa at sige uden maalelig Kornstørrelse, fx. fint Ler, kan under visse Omstændigheder, der vil blive nærmere omtalt senere, antage en særegen grynet Beskaffenhed. De enkelte Jordpartikler klæber sig løst sammen til større Korn, og Jordarten kommer derved til at optræde, som om den var en grovkornet Jordart. Dette kan ogsaa vises talmæssigt ved Forsøg af Ammon. Han benyttede noget forvitret Ler (Lehm), hvoraf ved Sigtning udskiltes Gryn af forskellig Størrelse. Disse blev benyttet ligesom ovenfor beskrevet til Gennemluftningsforsøg. Derved blev ved 40 Mm. Overtryk i 1 Time følgende Luftmængder trykket igennem:

Pulverformigt Ler.....................	1,6	Liter
Gryn 0,25—0,50 Mm.	31	—
— 0,5 —1,0 —	124	—
— 1,0 —2,0 —	420	—

Da Jordens grundige Udluftning som anført spiller en meget væsentlig Rolle for Plantevæksten, vil man af de anførte Forsøg se, hvor vigtig det er at holde den rette Porøsitet til Stede*). At dette ogsaa har Betydning for Jordbundens større eller mindre Vandholdighed, vil senere blive vist. Ved Agerjord kan man ved Bearbejdning med Agerbrugsredskaberne fremme eller formindske Gennemluftningsevnen tildels efter eget Tykke, ligesom ogsaa Tilførslen af Gødningstoffer af organisk eller uorganisk Art kan spille en stor Rolle. Saaledes kan fx. Tilførsel af Kalk eller Mergel paa „død" Jord (altfor tæt lejret Ler) frembringe

*) De dyrkede Planters Krav til Jordbundens Luftindhold er meget forskelligt. Medens Tobak bedst trives i vel ventileret Jordbund, kan Ris kun dyrkes, naar den i alt Fald en Tid lang af Vækstperioden staar i en Jordbund, der er fuldkommen vandmættet, og hvor der udvikles megen Kulsyre. For de i Europa dyrkede fire Kornsorters Vedkommende har den tyske Agrikulturkemiker *Adolf Mayer* opstillet følgende Rækkefølge: Byg, Rug, Hvede, Havre, hvoraf Byggen kræver den bedst ventilerede Jordbund, medens Havren i den Henseende er den nøjsomste.

samme Virkning som „Bagepulver“ i Brøddejg, d. v. s. Massen bliver porøs og luftfyldt. Omvendt kan overdreven Tilførsel af visse Gødningsmidler (Latrin) give Jorden en ejendommelig dejgagtig gytjelignende Tilstand (smlg. 1. Bd. S. 94), naar den er fugtig, medens den bliver fast, næsten hornagtig, naar den er tør. Kalisalte og Chilisalpeter kan under visse Omstændigheder gøre Jorden mindre gennemtrængelig for Luft og foranledige Skorpedannelser o. s. v.

I Skovbruget gælder det særlig om at bevare og fremme den gode Naturbeskaffenhed hos Jordbunden, ved ikke at fjerne Løvdækket og saavidt mulig undgaa Forhold, der fremmer Mordannelsen, hvorved Jordbundens Gennemluftningsevne bliver meget nedsat. Det er her mere Jordbundspleje end Jordbundsbearbejdning, som lader sig anvende.

Jordvandet.

For alle levende Væsener er, næst efter Luft, Vand den væsentligste Livsbetingelse, og for Planterne, der er henvist til at søge den nødvendige Vandmængde i Jordbunden i de nærmeste Omgivelser af Voksepladsen, er det af særlig Betydning, at Jordbunden frembyder passende Fugtighedsbetingelser. Kun Planter, der er tilpasset til ørkenagtige Forhold, eller der som fx. Løgplanter er indrettet til underjordisk næsten fuldkommen Hvile i visse Livsperioder, kan for længere Tid ad Gangen finde sig i Udtørring af det omkring Rødderne værende Jordsmon. Omvendt taales fuldstændig Vandmætning af Jordbunden gennem længere Tidsrum kun af Rødderne hos Sumpplanter og lignende til saadanne Forhold afpassede Vækster, sandsynligvis paa Grund af at der i den vandmættede humusholdige Jordbund opstaar visse Omdannelsesprodukter navnlig sure Humusstoffer, der virker som Gift paa mange Landplanters Rødder. At det ikke i og for sig er den store Vandmængde, der gør Skade, kan sluttes deraf, at det er muligt at faa mange Planter, saaledes ogsaa Kornsorterne til at trives i Vandkulturer, medens de vantrives eller dør i gennemvaad Jord. Træer kan ogsaa tit ses at sende Rødder ud i rindende Vand eller i Søer, naar de vokser langs Bredden, og de synes at befinde sig meget vel endda. Vaad Jordbund, navnlig vaad humusholdig Jord, har derfor øjensynlig ganske anderledes Virkning overfor Planterødderne end vel udluftet Vand. For Skovtræerne gælder det i høj Grad om, at Jordbunden har en passende Fugtighedsgrad, hvis Træerne skal naa den størst mulige Fylde af Udvikling, og for lidt eller for meget Vand i Jordbunden taales af mange Træarter kun en kort Tid ad Gangen, inden de lider varig Skade. Naar deres Modstandsevne overfor Tørke tilsyneladende er større end adskillige

Agerbrugsplanter, beror det ofte paa, at Træerne ved et mere dybtgaaende Rodsystem kan hente Vand op fra Undergrunden, hvorhen Agerbrugsplanternes Rødder ikke er naaet ned. Der er dog som bekendt betydelig Forskel paa de forskellige Træarter baade med Hensyn til at kunne gaa i Dybet efter Vand, og til at kunne taale at staa „med vaade Fødder".

Alle Planter behøver som nævnt Vand, men deres Behov er forskelligt. Vore Landbrugsplanter kræver meget Vand i Voksetiden. Det angives saaledes, at der til Frembringelse af 1 Kg. lufttørt Byg medgaar et Forbrug af 700 Kg. Vand. Anslaas en Middelafgrøde Byg til 2000 Kg. (kan stige til 5000 Kg.) pr. Hektare, vil der altsaa dertil medgaa 1400 M.^{3} Vand pr. Hektare, hvad der vil svare til en aarlig Regnhøjde af 140 Mm., hvis alt Regnvandet kom til Nytte for Planterne, hvad dog langt fra er Tilfældet. Som Eksempel paa Sommernedbørens Betydning for Plantevæksten anfører *C. F. A. Tuxen*, at i det tørre Aar 1868 gav et Stykke kunstgødet Jord paa Landbohøjskolens Forsøgsmark 3,2 Fold Byg. Regnmængden i de tre Voksemaaneder var kun 17 Mm. Næste Aar 1869 var Regnmængden i de samme Maaneder 158 Mm., og nu gav Bygstykket 22 Fold.

Det er for lettere Jorders Vedkommende særlig den Regnmængde, der falder i Planternes Voksetid, der gør Udslaget, men for humusrige og lerede mere vandholdende Jorder spiller Vinter- og Foraarsfugtigheden, der for en Del kan holdes tilbage i disse Jorder, ogsaa en stor Rolle.

Al Fugtighed i Jordbunden stammer oprindelig fra Atmosfæren og har engang udgjort en Del deraf. Det vil derfor være naturligt at betragte Nedbørsforholdene til en Begyndelse. Efter Meteorologen *Willaume-Jantzen* kan man, hvad Nedbøren angaar, dele Danmark i forskellige Afdelinger, som det vil ses af nedenstaaende Tabel:

Middelnedbør Millimeter	Vinter	Foraar	Sommer	Efteraar	Hele Aaret
Vestjylland	134	104	198	239	675
Østjylland	127	101	194	205	627
Fyn	122	98	179	203	602
Sjælland	111	97	180	186	594
Laaland-Falster	124	105	168	198	595
Bornholm	106	92	161	198	557
Anholt	74	68	126	133	401
Danmark	124	101	183	206	614

Tallene er Gennemsnit af 25 Aars Iagttagelser. „Nedbøren for hele Landet, der er et Resultat af Maalinger paa 129 Stationer, bliver 614 Mm. om Aaret. Der er dog en betydelig Forskel i de forskellige Dele, som Tabellen til Dels viser, men som træder endnu skarpere frem, naar man betragter Nedbøren paa hver enkelt Station. Vestjylland faar mest Nedbør især om Sommeren og Efteraaret, medens Forskellen er stærkt udvisket om Vinteren og Foraaret".

Regnvand er at betragte som destilleret Vand, men optager paa sin Vej fra Skyen til Jorden en Del forskellige Urenheder, dels mekanisk medrevne faste Stoffer, som findes svævende i Luften (se Side 10), dels opløselige Luftarter og hvad der maatte findes af Saltpartikler i Luften. Blandt disse to sidste Stofklasser maa navnlig anføres Kulsyre og Ammoniumnitrat. Man regner, at der i Danmark aarlig ved Nedbøren tilføres Jordbunden c. 15 Kg. Kvælstof (i bunden Form) pr. Hektare. Ammoniaken stammer tildels fra forraadnende organiske Stoffer i Jordbunden, medens Salpetersyren antages at være fremkommet ved Forbrænding af Luftens Kvælstof i Luftens Ilt under atmosfæriske elektriske Udladninger. Den anførte Kvælstofmængde svarer til en Tilførsel af 100 Kg. Chilisalpeter pr. Hektare, og er altsaa i Virkeligheden ikke saa ubetydelig. Der er dog den Forskel, at Chilisalpeteren kan tilføres Planterne netop, naar de har Brug for det, medens Kvælstofmængden i Regnvandet er fordelt hele Aaret rundt, og Nedbøren hos os falder mest paa den Tid, da Planterne ikke har Brug for den. Den bundne Kvælstofmængde i Regnvandet spiller dog upaatvivlelig i flere Henseender en betydelig Rolle for Plantevæksten, og maa bl. a. antages at være Skyld i, at Plantevækst kan begynde paa Jordbund, der fra Naturens Haand er fuldkommen blottet for Kvælstofforbindelser fx. paa Lava eller vulkansk Aske (smlg. 1. Bd. S. 240—241).

Vandet i Jordbunden kan være tilstede paa meget forskellige Maader nemlig som:

1) Kemisk bundet Vand enten som Hydratvand, Krystalvand eller Konstitutionsvand. Vand, der er bundet paa en af disse Maader, er altsaa ikke egentlig tilstede som Vand, men Gruppen H_2O er paa den ene eller anden Maade indbygget i paagældende Stofs Molekule.

2) Hygroskopisk Vand er et molekuletyndt Vandlag, der danner en Art Hud uden paa hver enkelt Jordpartikel. Alle faste Stoffer uden Undtagelse besidder Evne til at kunne fastholde et saadant usynligt Vandlag paa deres Overflade. Da Summen af Overfladerne af de enkelte Korn i et givet Rmf. Jord stiger med aftagende Kornstørrelse (d. v. s. er desto større, jo mindre Kornene er), kan en Jordarts Hygroskopicitet til en vis Grad bruges som Maal paa Kornstørrelsen, som det senere vil

blive omtalt. Andre Forhold saasom den omgivende Lufts Fugtighed, Temperaturen, Barometerstanden m. m. spiller dog ogsaa en betydelig Rolle m. H. t. Mængden af hygroskopisk Vand, paagældende Stof indeholder i det givne Øjeblik.

Skaffes det hygroskopiske Vand bort fra Jorden paa en eller anden Maade (Udtørring eller Opvarming), vil Stoffet, naar det atter overlades til sig selv, paany fra Luften tiltrække den samme Mængde hygroskopisk Vand, der fortættes paa Kornenes Overflade, selv om Luftens og Jordkornenes Temperatur er langt over Luftens Dugpunkt i det givne Øjeblik. Hvert enkelt Jordkorn er altsaa under almindelige Forhold indesluttet i sin lille uendelig tynde Vandsæk.

3) Porevand, der deler Pladsen med Jordluften i Hulhederne mellem Jordbundes faste Bestanddele.

Kun i det sidste Tilfælde — som Porevand — kan Vandet siges at være tilgængelig for Planterødderne. Kemisk bundet Vand spiller slet ingen Rolle, uden for saa vidt som visse Hydrater eller krystalvandholdige Salte maaske under stærk Tørke kan afgive Vand i Dampform, hvad dog næppe kan have nævneværdig Betydning. Det samme gælder det hygroskopiske Vand. Ganske vist synes det navnlig ved amerikanske Forskeres Undersøgelser i de ørkenagtige Egne i den sydvestlige Del af U. S. at være gjort sandsynligt, at visse Planter, der i ganske særlig Grad er tilpasset til disse Forhold, en Tid lang kan friste Livet ved ligesom at afslikke det molekuletynde Lag af hygroskopisk Vand, der findes paa Jordkornenes Overflade, men de allerfleste Planter dør af Tørst, endog længe før Jordbunden har mistet alt Porevand. Dette gælder for vistnok den største Del af alle de dyrkede Planter. Ved Planter, der i ørkenagtige Egne synes at holde Livet oppe ved at benytte det hygroskopiske Vand, er Forholdet maaske i Virkeligheden et andet. Indeholder Jordbunden tilsyneladende ikke mere noget Porevand, men kun hygroskopisk Vand (og kem. bd. Vand), kan dette Vand dog blive tilgængeligt for Planterne paa følgende Maade: I disse ørkenagtige Egne bliver Jordbundens øverste Lag om Dagen opvarmet saa stærkt. at noget af det hygroskopiske Vand (og maaske ogsaa noget af det kem. bd. Vand) forvandles til Damp, der faar en vis Spænding og saaledes kan trænge ned i Jordbundens koldere og dybere Lag, hvor Dampene fortættes og forvandles til almindelig Porevand, der kan udnyttes af Planterødderne, forsaavidt de er trængt ned i disse Lag. Om Natten afkøles Overfladen meget stærkt ved Udstraaling til Luften (smlg. 1. Bd. S. 157), og Jordpartiklerne kan nu atter fra Luften indsuge den nødvendige Mængde hygroskopisk Vand, der paany tjener til at fremskaffe lidt Porevand i de dybere Lag af Overgrunden, saa at Planterne, der iøvrigt har indrettet

sig paa alle Maader for at undgaa Vandspild, kan staa den tørre Tid igennem.

Med Hensyn til Vandets Forekomst i Jordbundens Hulheder kan man skelne mellem det egentlige Porevand, Vedhængningsvandet (Adhæsionsvandet) og Haarrørsvandet (Kapillaritetsvandet). Man kan til Forklaring af disse forskellige Maader, hvorpaa Vandet kan forekomme, tænke sig en Flaske fyldt med Vand. Vandet i Flasken svarer til Porevandet i Jordbunden. Flasken kan være helt eller delvis fyldt med Vand, Resten i Flasken er Luft. Paa lignende Maade med Porevandet, det deler Pladsen i Jordens Hulheder med Jordluften. Slaas Bunden ud af Flasken, løbet Vandet bort, det samme vil finde Sted i Jordbunden, hvis der ikke findes en Flaskebund d. v. s. et vandstandsende Lag. Naar vi sagde, at Vandet løb bort, naar Bunden blev slaaet ud af Flasken, var dette Udsagn dog kun tildels rigtigt. Selv om alt Vand er afdryppet, bliver Flaskeskaarene dog ved at være vaade, Vandet tilbageholdes paa Grund af Vedhængning. Paa samme Maade bliver der i Jordbunden tilbageholdt en stor Mængde Vand paa Grund af Vedhængskraften (Adhæsionen). Den Vandmængde, der tilbageholdes ved Vedhængskraften, er afhængig af Kornstørrelsen og Jorddelenes Beskaffenhed. Mange smaa Korn frembyder større Overflade end en ligesaa stor Vægt (el. Rmf.) store Korn, og Adhæsionsvandet er derfor under ellers lige Forhold til Stede i større Mængde i finkornede Jordarter end i grovkornede, men Mineraldelenes Beskaffenhed spiller ogsaa en stor Rolle, da nogle Stoffer befugtes lettere end andre. Adhæsionsvand er i Modsætning til det hygroskopiske Vand, som det paa en vis Maade ligner, virkelig til Stede som Vand. Man kan saaledes befri en Jordprøve for Adhæsionsvand ved at gnide den med tørt Filtrerpapir eller et lignende Stof, der opsuger Vandet, hvorimod man, som nævnt, kun kan faa det hygroskopiske Vand bort, ved at forvandle det til Damp, som saa kan bortskaffes.

Haarrørsvandet findes i Modsætning til Porevandet kun i de allerfineste Mellemrum — Haarrørene — mellem de enkelte Jorddele og fastholdes der med stor Kraft paa Grund af Vandets Overfladespænding. Vil vi benytte samme Billede som før, kan vi tænke os Flasken forsynet med to Halse, en almindelig vid Hals og en ganske snæver med en indvendig Aabning omtrent som i et Termometerrør. Fyldes Flasken helt med Vand, vil dette stige betydelig højere i den snevre Hals end i den vide paa Grund af Haarrørsvirkningen i det snevre Rør.

Haarrørskraften virker til alle Sider og kan trække Vandet op i Overgrunden fra Undergrunden og ud til Siden tilsyneladende uden Hensyn til Tyngden. Det skulde ikke synes at være vanskeligt at be-

stemme Haarrørsstigningen i en given Jordart, d. v. s. faa et Maal paa den Højde, hvortil Vandet kan stige paa Grund af Haarrørskraften, naar Jordlagets underste Partier er i Berøring med et Vandlag, men det er i Virkeligheden en meget vanskelig Opgave. Man har tidligere ved Forsøg i Laboratoriet søgt at bestemme Haarrørsstigningen i forskellige Jordarter ved at anbringe de tørre Jordprøver i aabne Glasrør, hvis underste Ende var lukket med et Stykke Traadnæt eller lignende og anbragt i en Skaal med Vand. Efter nogen Tids Forløb maalte man, hvor højt Vandet var steget i Jordsøjlen, og søgte deraf at beregne Haarrørsstigningen. Saadanne Forsøg er dog temmelig værdiløse. De kan vel ved meget grovkornede Jordarter give enkelte almindelige Oplysninger, saaledes om Afhængigheden mellem Kornstørrelsen og Stigningen, om Temperaturens Indflydelse — Haarrørsstigningen synker med stigende Temperatur — o. lg., men siger kun lidt om, hvorledes Forholdene vil være, naar Jordarten er lejret paa naturlig Maade. Haarrørsstigningen i Jordarterne i Naturtilstanden er i Virkeligheden mange Gange større, end man tidligere ifølge Laboratorieforsøg kunde formode. For finkornede Jordarter er Haarrørsstigningen mange hundrede Meter stor, men det tager meget lang Tid for Vandet at bevæge sig i saadanne Jordlag, da Bevægelsen hæmmes af den store Gnidningsmodstand i de fine Hulrum. Ved saadanne finkornede Jordarter kan det derfor meget vel ske, at Haarrørsstigningen fra Grunden ikke kan holde Trit med Vandfordampningen fra Overfladen, saa at de tørrer ud og slaar Revner til en stor Dybde.

Ved Haarrørsvirkningen trækkes der altsaa Vand fra Undergrunden op i Overgrunden helt op til Jordoverfladen, hvor det kan fordampe. Den tidligere omtalte amerikanske Jordbundsforsker *E. Buckingham* har i 1907 givet Beretning om en Del vel planlagte og meget nøjagtigt udførte Forsøg angaaende Jordarters Evne til at fordampe Vand under forskellige Omstændigheder[8]). Det viser sig herved, at Fordampningen væsentlig kun foregaar fra selve Jordoverfladen, og at den Vandmængde, der fordamper fra en given Overflade i en given Tid, er afhængig af Lufttemperaturen, som det var at vente, men tillige viser Buckinghams Undersøgelser, at Vandmængden, der fordamper, er i høj Grad afhængig af, om Luften over Jordoverfladen er stillestaaende eller i Bevægelse. Med en elektrisk drevet Ventilator frembragte B. „en mild Brise", der bevægede sig med en Hastighed af 3 eng. „miles" (c. 4,8 Km.) i Timen. Denne sagte Vind strøg hen over nogle af Jordprøverne Dag og Nat i nogle Forsøg omtrent 1/2 Aar igennem, medens andre Prøver var hensat i stille Luft under iøvrigt ganske samme Forhold, saaledes at det fordampede Vand stadig blev erstattet fra de nedre Lag ved Haarrørs-

kraftens Virksomhed. B. angiver sine Forsøgsresultater saaledes, at de direkte kan knyttes til Forestillinger hentet fra det daglige Liv. De fordampede Vandmængder angiver han nemlig ved deres Ækvivalent „den aarlige Regnhøjde“ (Nedbørmængden). D. v. s., hvis der Aaret rundt faldt en samlet Regnmængde af den angivne Højde paa en vis Flade, vilde den netop svare til den Mængde Vand, der i et Aar kunde fordampe fra den samme Jordoverflade under de givne Temperaturforhold (20—22 °), naar Dugpunktet af Luften over Jordoverfladen laa ved Frysepunktet. Den benyttede Jordart var en sandet Lerart „Takoma loam“. B. fandt, at medens Fordampningen fra Jordoverfladen i stille Luft svarede til en Regnhøjde af 3,5 Cm., var Fordampningen, naar den nævnte Brise strøg hen over Jorden, tre Gange saa stor og svarede til en Regnhøjde af 11 Cm. om Aaret. Andre Jordarter, andre Fugtighedsforhold og andre Temperaturforhold giver naturligvis andre Talstørrelser, men Buckinghams Forsøg viser, hvor udtørrende en Indflydelse paa Jorden Blæst har i Modsætning til rolig Luft. Der ligger i disse amerikanske Forsøg den stærkeste Opfordring til Plantning af Skov og levende Hegn i Midt- og Vestjylland for at undgaa unødvendig Tab af Væde fra Jordoverfladen ved Fordampning i de Egne.

En anden Forsøgsrække, som B. anstillede vedrørende Forholdet mellem Vandmængden, der fordamper fra Jordoverfladen, og den Vandmængde, Haarrørskraften kan opsuge fra Dybet, skal yderligere omtales, da det viser, hvor overordentlig stor praktisk Betydning saadanne Forsøg kan faa, naar de anstilles paa rette Maade. Haarrørskraften kan som omtalt trække Vandet op til Overfladen fra stor Dybde. Dette kan dog kun ske, hvis Jorddelene er i saa tæt Berøring med hinanden, at Mellemrummene er blevet saa fine, at Haarrørskraften kan komme til at virke, i modsat Fald indtræder Haarrørsvirkningen ikke. Dette kan i Særdeleshed blive forhindret, naar Jordarten er grovkornet og tillige saa knastør, at „den skyder Vandet“. Man kan maaske om et saadant Lag bruge et fra Murerhaandværket hentet Udtryk og sige, at dette Jordlag ikke er „i Forbandt“ med den øvrige Jord.

Buckingham viser talmæssigt, hvilken overordentlig Betydning det kan have for Vandfordampningen fra Jordoverfladen, at det øverste Jordlag er i Forbandt med den underliggende Jord. Han anbragte en Række Prøver af samme Jordart i sine Forsøgsbeholdere og sørgede for, at Jorden blev jævnt og fast sammentrykket gennem Beholderens hele Dybde (c. 1,20 M.), og at de nederste Dele af Jordmassen stadig holdtes fugtige. Hen over disse Prøvers Overflade strøg i 17 Døgn en „blid og varm Brise“, hvorved der fra Jordoverfladerne fordampede en vis Vandmængde. Dette er grafisk gengivet i Fig. 2, Kurve *A*. Den fordampede

Vandmængde er, som man vil se, saa regelmæssig stigende i Forhold til den forløbne Tid, som man kan vente det ved den Art Forsøg, hvor Temperaturen og Fugtighedsgraden i den Luftstrøm, der stryger hen over Forsøgskarrene, ikke kan holdes ganske konstant paa Grund af Forsøgenes Langvarighed.

Prøver af samme Jordart under ganske tilsvarende Omstændigheder blev anbragt i lignende Forsøgskar og ligesom før 17 Døgn igennem

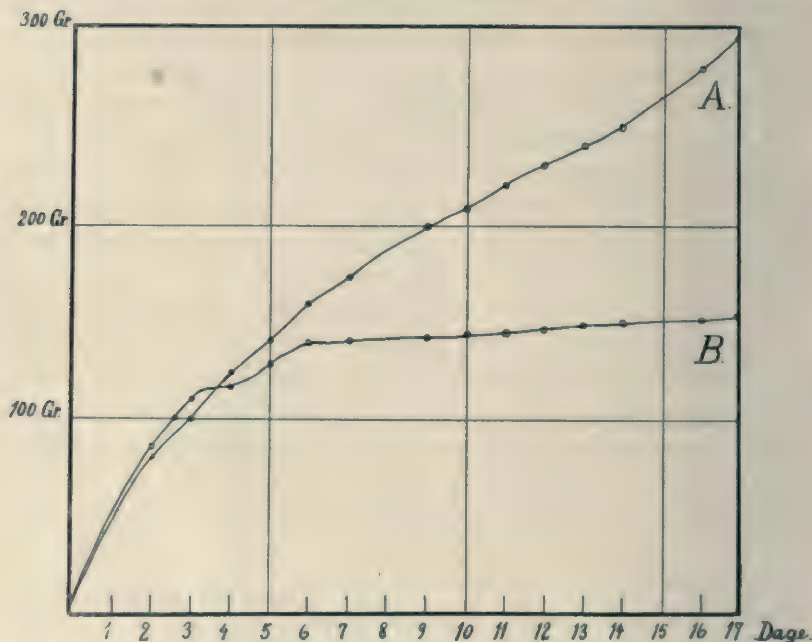


Fig. 2. *A*-Kurven fremstiller Vandfordampningen fra Overfladen af Jord uden Dæklag; *B*-Kurven fremstiller Vandfordampningen fra Overfladen af Jord, forsynet med Dæklag.

udsat for Luftstrømmen, der strøg hen over Overfladen. Der var dog her den Forskel fra før, at det øverste Lag af Jorden ikke var fastsammenpresset, men var revet i løse Smaaklumper, saa at der dannedes et Slags Tæppe af løs Jord hen over den underliggende Jord, med hvilken Jordtæppet ikke var i Forbandt. Fordampningen fra disse Prøvers Overflade er grafisk gengivet i Fig. 2 Kurve *B*. De vandrette Afstande (Abcisserne) angiver den forløbne Tid, de lodrette Afstande (Ordinaterne) den fordampede Vandmængde i Gram.

De første $3^1/_2$ Døgn følges de to Sæt Prøver meget godt ad m. H. t. Vandfordampning fra Overfladen, men derefter var Jordoverfladen i Karrene, der var dækket med det løse Jordtæppe, blevet omtrent helt

tør, og nu sker der saa godt som ingen Fordampning mere fra disse Forsøgskar. Ved Forsøgets Slutning kunde man af de 10 sidste Dages Vandfordampning*) slutte, at der fra *A*-Karrene vilde fordampe Vand svarende til en aarlig Regnhøjde af c. 131 Cm., men fra *B*-Karrene, der var dækket af Jordtæppet, Vand svarende til en Regnhøjde af c. 28 Cm.

Havde Jorden i *B*-Karrene været bevokset med Planter, der havde haft deres Rødder i Jorden under Tæppet, vilde Fugtighedsforraadet i Jordbunden under Tæppet helt og holdent have staaet til Røddernes Disposition, hvorimod Vandmængden i Jordbunden i *A*-Karrene af Haarrørskraften for en stor Del vilde være trukket op til Overfladen og der fordampet uden at komme Planterne til Nytte. Da Vandet i Jordbunden under Planternes Vækstperiode ofte — ogsaa i Danmark — er det Stof, der mest af alt bør økonomiseres med, ser man af det ovenanførte, hvor overordentlig vigtig det vil være for Jordbrugeren at blive klar paa hvad Art Jordbundsbehandling, der bør udføres i de givne Tilfælde. At give Forskrifter herfor i det enkelte lader sig ikke gøre ved denne Lejlighed, da det ikke er Agerdyrkningslæren men Jordbundslæren, som vi behandler.

Hvorledes man i Praksis ved med Forstaaelse at benytte de ved de videnskabelige Forsøg fundne Kendsgerninger kan naa til store Resultater for Landbruget, haves der et godt Eksempel paa i den i Løbet af de sidste Aar i visse Egne af Nordamerika indførte „*Dry farming*“, eller som vi vel maa omskrive det: Agerbrug i regnløse Egne, der paa Grund af deres Overfladeforhold ikke kan lade sig kunstig vande ved Overrisling[9]). I den sydligere Del af de vestlige Fristater kan Jordbunden forsaavidt være meget frugtbar, hvad de plantenærende Stoffer i Jorden angaar, men er udsat for stadig Tørke netop i den Tidsperiode, hvori Planter trænger mest til Vand. Tilmed er Luftens Varmegrad i den tørre Tid meget høj. Disse Strækninger er ikke fuldkommen regnløse, da der om Vinteren jævnlig falder Regn, og der maaske ogsaa i Sommerens Løb kan falde enkelte gode Byger, men det kan dog ofte hænde, at der i 3—4 Maaneder ikke falder en Regndraabe. Den tilsyneladende gode Jordbundsbeskaffenhed fristede i sin Tid mange Landmænd til at købe Jord i disse Egne og forsøge Opdyrkning. Maaske var Himlens Væde dem naadige et Aar eller to, men snart viste den frygtelige Sommertørke sig som en ubønhørlig Fjende, de lovende Hvedemarker tørrede bort, og Egnen fik Navn „det onde Land“ (the bad lands), da mange Familier gik ruineret bort. Da fandt man endelig ud af, hvorledes Problemet om at dyrke disse Egne kunde løses, saaledes at der i alt Fald

*) Som man vil se af Kurverne, er der anstillet daglige Iagttagelser, men tillige viser Kurverne, at Iagttageren har holdt Søndagene fri.

de fleste Aar kunde avles gode Afgrøder, trods den udeblivende Regn i Vækstperioden. Jorden, der efter Efteraarsregnen er passende fugtig, gives en god Dybdebehandling, og Sæden lægges forholdsvis dybt. De allerøverste Lag bliver nu omhyggelig behandlet, saa at de faar en fuldstændig smuldagtig Karakter, d. v. s., man sørger for, at der ikke er Forbandt mellem dette Dæklag, som snart tørres helt ud, og den underliggende Jord, hvori Sæden vokser. Haarrørskraften trækker Væden fra Dybet op til Sædens Rødder, men Dæklaget forhindrer, at der spildes noget ved Fordampning. Sæden kan nu gro, selv om der ikke falder Regn, men Betingelsen herfor er, som man vil se, at Dæklaget, saasnart det blev frembragt, blev saa tørt, at Planterødderne holdt sig borte fra det og blev tvunget til at søge i Dybden.

For Danmarks Vedkommende har *T. Westermann* i 1898 paapeget hvorledes: „der under mange Forhold kan spares paa Fugtigheden til Bedste for Spiringen og den senere Udvikling ved efter Saaning og Tiltromling at foretage en Løsning af det allerøverste Jordlag, saa at dette danner et Isolationslag, der hæmmer Opsugning og Fordampning af Vand fra det underliggende Lag“ [10]). I den nyeste Tid (April 1909) har samme Forf. ogsaa vist dette talmæssigt gennem en lang Række omhyggelig gennemførte Forsøg [11]). I to Rækker ensartede Forsøgskar var indfyldt henholdsvis c. 850 Kg. Sandjord og c. 750 Kg. Lerjord i nøjagtigt afvejede Mængder. I Forsøgskarrene kunde Grundvandstanden aflæses og reguleres ved hensigtsmæssige Midler. I det halve Antal Kar (baade Kar med Sand og med Ler) blev Vandstanden holdt konstant 0,5 M. under Overfladen, i den anden Halvdel 1 M. under Overfladen. Selve Jordoverfladen blev behandlet paa forskellig Maade, svarende til de kendte praktiske Betegnelser „harvet“, „glattromlet“, „ringtromlet“. Karrene var nedgravet i Jorden til Randen, saa at Temperaturforholdene var som i den omgivende Jord, iøvrigt stod de frit under aaben Himmel i „en Voliere“. Nedbøren kunde maales med en Regnmaaler, og Vandstanden i Karrene kunde som nævnt holdes konstant ved Tilgydning af Vand, hvis der var for lidt paa Grund af Fordampning fra Overfladen og ved Aftapning, hvis det truede med at stige over den fastsatte Grundvandstand*). Saavel de tilgydte som aftappede Mængder Vand blev maalt. Herved kunde man maale, hvor meget Vand der ved Haarrørsvirkning blev trukket op fra Grundvandspejlet til Overfladen og der fordampet. Som Eksempel paa de anførte Forhold kan tages Tiden fra $^{1}/_{5}$—$^{21}/_{8}$ 1900, hvor der pr. Kvadratmeter Overflade fordampede følgende Vandmængder i Kilogram:

*) Vandet blev tilledet gennem et Rør, saa at det steg fra neden af op i Karret. Ligeledes kunde det overskydende Vand aftappes forneden.

Sandjord						Lerjord					
Vandstand ½ M. under Overfladen			Vandstand 1 M. under Overfladen			Vandstand ½ M. under Overfladen			Vandstand 1 M. under Overfladen		
Harvet	Glattromlet	Ringtromlet	Harvet	Glattromlet	Ringtromlet	Harvet	Glattromlet	Ringtromlet	Harvet	Glattromlet	Ringtromlet
189,6	225,2	289,2	126,4	139,2	161,8	193,2	210,6	232,0	176,0	188,8	199,8

Tallene i Tabellen viser, hvor god en Beskyttelse et Dæklag frembragt ved Harvning kan være mod unødvendigt „Vandspild".

I Havebruget har man længe kendt og benyttet Virkningerne af et Dæklag paa Jordoverfladen for at forhindre al for stærk Vandfordampning. Dæklaget behøver just ikke at være Jord, men Løv og andet løst Materiale kan ogsaa anvendes.

Mængden af Porevand i Jordbunden kan være højst forskellig til forskellige Aarstider og retter sig ligeledes efter Jordartens Beskaffenhed og Lejringsmaade. Ved en Jordarts *Vandfylde* forstaar man Forholdet — udtrykt i Procent — mellem Rumfanget af Jordmassen og Rumfanget af den i samme (i det givne Øjeblik) værende Mængde Porevand.

For at bestemme en Jordarts Vandfylde, V, gaar man frem ganske som beskrevet S. 15, naar Luftfylden, L, skal bestemmes. Et vist Rumfang Jord, R, udtages af Jordmassen i Naturtilstanden og vejes. Derefter lufttørres Jorden, hvorved Porevandet fordamper og af Differentsen mellem Vægten af Jorden i Natur tilstanden og Vægten af den lufttørre Jord, kan Vægten og saaledes ogsaa Rumfanget, R_v, af Porevandet beregnes. Jordens Vandfylde er derfor:

$$V = 100 \cdot \frac{R_v}{R}$$

Naar Jorden intet Porevand indeholder, er $R_v = 0$ og altsaa $V = 0$, medens omvendt V bliver desto større, jo mere R_v nærmer sig R. Naar $R_v = R$, bliver $V = 100$, d. v. s. at hele Prøven bestod af Vand.

Medens V fx. for fuldstændig vandmættet kompakt Granit kun udgør nogle Brøkdele af en Procent, kan V for vandmættet Sphagnumtørv udgøre over 90 %.

Porefylden er Forholdet — udtrykt i Procent — mellem Summen af Rumfangene af alle Hulrummene i Jorden og selve Jordmassens Rumfang.

Man ser let, at der er en Forskel paa en Jordarts Porefylde og

dens temporære Vandfylde. Kun naar Jorden er fuldstændig vanddrukken, d. v. s. alle Hulrum helt udfyldt med Vand, er dens Porefylde, *P*, lig dens Vandfylde, *V*. Omvendt vil for fuldstændig lufttør Jord som tidligere omtalt Porefylden være lig Luftfylden, *L*. I alle andre Tilfælde er Porefylden, *P*, lig Summen af Luftfylden og Vandfylden:

$$P = L + V.$$

Man vil altsaa kunne bestemme en Jordmasses Porefylde eller Porøsitet ved sukcessivt at bestemme dens Luftfylde og dens Vandfylde, men der vil ogsaa kunne foretages Bestemmelse af Porøsiteten paa anden Maade.

Tidligere brugte man ofte ved Bestemmelse af Porøsiteten helt at mætte et givet Rumfang Jord med Vand og derefter at veje den vandmættede Prøve. Ved atter at bortskaffe Vandet ved Lufttørring og veje den lufttørre Jord erfarede man Vægten og saaledes ogsaa Rumfanget af Vandet, der helt havde fyldt Porerne. Derved fik man ganske vist tilsyneladende et Maal paa Porøsiteten og ved Stenarter lader Fremgangsmaaden sig vel anvende og benyttes ogsaa i udstrakt Maalestok ved Bestemmelse af Stenarternes tekniske Brugbarhed. Men ved løse Jordarter var man udsat for, at Porøsiteten forandrede sig betydelig under Vandmætningen paa Grund af, at den fugtige Jord sank sammen „satte sig“, saa at Bestemmelsen blev unøjagtig. Bedre vilde det være at bestemme den Luftmængde, et vist Rumfang lufttør Jord kan indeholde.

For at kunne udføre dette gaas frem paa følgende Maade. Et cylindrisk Jernrør, der rummer et kendt Rumfang, fx. 1 Liter Jord, bliver ved forsigtig Nedboring i den Jord, hvis Porøsitet skal bestemmes, helt fyldt med Jord under de naturlige Lejringsforhold. Jordsøjlen afskæres glat ved Rørets Ender, der lukkes med tætsluttende Bøsninger, i hvilke der er anbragt et Tillednings- og et Afledningsrør, der kan lukkes med Haner. Gennem Tilledningsrøret ledes tør atmosfærisk Luft (kulsyrefri), indtil al Fugtigheden i Jordprøven er bortskaffet, hvad der dog kan tage lang Tid ved meget fugtige og tætte Jordarter. Naar Vægten af Jorden med Røret er blevet konstant, tillukkes Hanerne. Nu tør man antage, at alle Hulrum i Jorden er fyldt med kulsyrefri tør atmosfærisk Luft af den omgivende Lufts Temperatur og Tryk. Afledningsrøret forenes med Rør, hvorfra Luften kan ledes op i et Maalerør, der i omvendt Stilling fyldt med Natronlud er anbragt i en Beholder med samme Væske. Røret er lige op til Hanen ligeledes fyldt med Natronlud. Hanerne aabnes og gennem Tilledningsrøret ledes ren, tør Kulsyre, indtil al Luft i Jorden er fortrængt af Kulsyren og bragt over i Maalerøret. Her aflæses Luftens Rumfang, under Hensyntagen til Tryk, Temperatur og Vanddampenes Spænding. Rumfanget af Luften angiver ligefrem Hulrummenes samlede Størrelse i det givne Rmf. Jord, og giver altsaa et Maal for Porøsiteten.

Naar en Jordart helt mættes med Vand, saa at alle Hulrum bliver fyldt med Vand, vil den kun i meget sjældne Tilfælde være i Stand til at holde alt Vand tilbage i Hulrummene, hvis det har fri Adgang til at flyde bort. En Del af Vandet, maaske den største Del, vil paa Grund af Tyngdekraften synke ned gennem Jordlaget samtidig med, at der fra oven suges Luft ned i Jorden. En Jordarts vandholdende Evne er afhængig af det samlede Rumfang Hulrum, som Jorden indeholder, saa at en løs Jordart med mange Hulrum har større vandholdende Evne end fx. et ligesaa stort Rumfang kompakt Granit, men den vandholdende Evne afhænger foruden af det samlede Hulrum ogsaa af disse Hulrums Størrelse. Jo større det samlede Rumfang Hulrum og jo mindre de enkelte Hulrum er i et givet Rumfang af en Jordart, desto større vil Jordens vandholdende Evne være, da Vandet i Jorden tilbageholdes paa Grund af Vedhængskraften og Haarrørskraften som udviklet ovenfor. Man kan altsaa i Almindelighed sige, at en Jordarts vandholdende Evne staar i omvendt Forhold til Jorddelenes Kornstørrelse. Til Belysning af denne Sætning kan meddeles nogle Forsøgsresultater af *Wollny* med Kvartssand af forskellig Kornstørrelse.

		Tilbageholdt Vandmængde Rumfangsprocent
Kornstørrelse:	2—1 Mm.	3,66 %
	0,17—0,11 Mm.	6,08 -
	0,07—0,01 —	35,50 -

Man ser heraf, hvor meget den vandholdende Evne stiger med Findelingen af Kornene.

Omvendt kan man ved meget finkornede Jordarter, fx. meget stivt Ler, formindske den vandholdende Evne ved at faa Jordarten til at gaa over i grynet Tilstand, hvorved de enkelte Smaapartikler sammenklæbes til større Korn. *Wollny* har ogsaa herfor givet Tal fundet ved Forsøg. Lerpulver, der havde en Kornstørrelse fra mikroskopisk smaa Partikler indtil Korn 0,25 Mm. i Tværsnit, kunde tilbageholde 42,9 Rmf. % Vand. Blev samme Jordart bragt i grynet Tilstand med Korn mellem 0,5 Mm. og 9 Mm., kunde den kun tilbageholde 30,8 % Vand.

Dette Forhold spiller en stor Rolle i Praksis, da man altsaa ved passende Bearbejdning kan faa saadant stivt Ler til at blive grynet og derved tabe en Del af den altfor store vandholdende Evne. Det samme opnaas paa mere varig Maade ved Indblanding af Stoffer, fx. ved Nedpløjning af Grøngødning, som forhindrer det fede Ler i at falde altfor

stærkt sammen „gør Jorden mere skør“ *). Paa vedvarende Græsmarker og i Skove besørges en saadan Gryning af Jordbunden af Regnormene, som derfor spiller en stor Rolle m. H. t. at holde den rette Fugtighedstilstand vedlige i Jordbunden, som det senere vil blive omtalt.

En Jordarts vandholdende Evne afhænger, foruden af Kornstørrelsen hos de enkelte Jordkorn, som vist ogsaa af Jordartens Struktur, og tillige af den mer eller mindre tætte Aflejringsmaade. En Jordart i løs sammenlejret Tilstand kan ikke tilbageholde saa meget Vand som samme Jordart i fast sammentrykket Leje. Ved Sammentrykningen gaar de grovere Porerum over til at blive „Kapillærrum“ (Haarrør), der som nævnt kan tilbageholde Vandet med stor Kraft. Det er dog kun til en vis Grad, at man kan forøge en given Jordarts vandholdende Evne, ved Sammenpresning. Ved at forøge Trykket yderligere, klemmer man Hulrummene helt sammen, saa at den vandholdende Evne atter formindskes. Der er ved hver enkelt Jordart under de givne Forhold „et *Optimum* i Sammentrykning, som svarer til et *Maksimum* i vh. Evne“. Talmæssig kan dette til en vis Grad ses gennem Wollny's Forsøg. Han fandt, at en vis Jordart „humusholdig Kalksand“ indeholdt:

I løs Sammenlejring	48,1	Rmf. % Vand
Middeltæt Lejring	50,7	— - —
Tæt Sammentrykning	44,4	— - —

I Praksis benytter man Tromling eller (i Havebruget) Klapning af Jorden for at opnaa en Forbedring i Jordens vandholdende Evne „for at holde paa Fugtigheden“. Dette opnaas paa en Maade ogsaa herved, da Fugtigheden holdes tilbage i det sammentrykkede Lag paa Grund af Haarrørskraften, der tilmed vil kunne trække Vand op fra Undergrunden til det sammentrykkede Lag, hvori Sæden, der skal spire, er nedbragt. Men man maa dog erindre, at hvis det sammentrykkede Lag gaar helt op til Overfladen, vil det fra Overfladen fordampende Vand stadig ved Haarrørsvirksomheden blive erstattet med Vand fra de dybere Lag. Vil man undgaa dette og virkelig „holde paa Fugtigheden“, maa Jorden som omtalt S. 28, først tromles særdeles grundigt og dernæst maa der over den nu paa vandførende Haarkar rige Jord, ved let Overharvning skabes et isolerende Overlag, der ikke er i Forbandt med det underliggende Lag, hvori Sæden skal spire og gro.

Løst lejret Jord kan ved Overgydning med Vand faa Lejlighed til at synke sammen til „at sætte sig“ og saaledes tilsyneladende blive af et

*) Det samme vil til Dels udrettes ved Kalktilførsel. Omvendt vil meget sandet Jord ved Tilførsel af Humus eller Mergel blive mere „bindende“ og kan tilbageholde mere Vand end før.

mindre Rumfang, men dette beror dog kun paa, at de store Hulrum, der „kan staa“ i den tørre Jord, falder sammen i den vaade. I Virkeligheden bliver en Jordarts Rumfang større, naar den i tør Tilstand bliver befugtet. For ganske løst grovkornet Sand er denne Rumfangsudvidelse umærkelig, medens den for andre Jordarter er kendeligt, som den tyske Forsker *Haberlandt* har vist:

	Rmf. tør:	Rmf. fugtig:
Sandjord	1,0	1,0
Løssjord	1,0	1,13
Kalkholdig Ler.......	1,0	1,29
Mosejord............	1,0	1,38

I Naturen kan Rumfangsforandringer foraarsaget ved Optagelse af Fugtighed eller ved Indtørring komme til at spille en ikke ringe Rolle. Navnlig Indtørring, hvorved Rumfanget formindskes, og Jorden kan slaa Revner, er ofte let kendelig paa Jordarter, der som stærk humusholdig Jord eller fed Lerjord har en stor vandholdende Evne. Jorden kan ved en saadan Indtørring slaa dybe Revner paa kryds og tværs, saa at Planterødderne kan rives over. I omstaaende Fig. 3 er efter et Fotografi af *R. Welch* gengivet Tørringssprækker i tørveholdigt Dynd.

Revnerne i Jordbunden gaar ofte, som vist i Fig. 3, lodret ned i Jordbunden, men Udtørring kan ogsaa bevirke en Rumfangsformindskelse, der viser sig ved vandret gaaende Revner, der bevirker, at de øvre Lag af Overgrunden paa større Strækninger kan blive løsnet fra de nedre Lag, saa at der ikke længere er Forbandt mellem disse Lag, og saaledes at Planterødderne rives over*). I endnu højere Grad kan dette ske, naar det øverste vandmættede Jorddække ved Frysning af Vandet udvider sig, hvorved fx. Rugdyrkning paa opdyrkede Mosestrækninger kan blive vanskeliggjort, da Rødderne beskadiges ved disse Bevægelser i Jordlagene. Den vandholdende Evne hos de forskellige Jordarter er en af de vigtigste Faktorer, der betegner Jordbundens Egnethed til at bære Plantevækst, men de forskellige Planters Fordringer er i saa Henseende meget forskellige. Bestemmelsen af d. vh. E. kan udføres paa forskellig Maade. En noget grov Metode, som dog i tidligere Tid er blevet anvendt en Del og ogsaa endnu kan bruges, naar det gælder fx. en Tørvestrøelses vandholdende Evne, er følgende. En afvejet Mængde af den lufttørre Jord bliver anbragt paa et gennemvædet Filter i en Tragt. Jordprøven overhældes nu forsigtig med et afmaalt Rmf. Vand,

*) Undertiden giver en saadan manglende Forbindelse mellem de øvre og nedre Lag i Jordbunden sig tilkende ved en hul eller dundrende Lyd, naar man tramper paa den, eller der kører en Vogn henover den.

der er mere end tilstrækkeligt til at gennemfugte hele Prøven. Det fraløbende Vand opsamles og maales, hvorved man erfarer, hvor meget Vand den givne Jordprøve har holdt tilbage. Undersøgelser af to lige store ensartede Jordprøver kan dog give temmelig afvigende Resultater, da Jordens Lejringsmaade i Tragten kan være ret forskellig.

De amerikanske Forskere *Lyman J, Briggs* og *J. W. Mc.-Lane* har i 1907 angivet en Fremgangsmaade, der fra et rent teoretisk Synspunkt er meget tiltalende og i praktisk Henseende er meget let at udføre [12]).



Fig. 3. Tørringssprækker i tørveholdigt Dynd i Bunden af en udtørret Sø. Antrim, Irland. (Efter Fot. af *R. Welch.*)

Undersøgelserne er udført ved U. S. „Bureau of soils" og er som de fleste Arbejder, der udgaar fra dette for hele Nordamerikas Landbrug saa overordentlig vigtige Institut, præget af en paa samme Tid dybtgaaende Forstaaelse af, hvad det er, som det egentlig kommer an paa i det foreliggende Spørgsmaal, og tillige af en ganske overlegen teknisk Dygtighed ved Arbejdets Udførelse.

Den elegante Maade, hvorpaa Spørgsmaalet om de forskellige Jordarters vandholdende Evne er løst af de nævnte amerikanske Forskere, vil maaske bedst forstaas ved at begynde med en Beskrivelse af deres Apparat.

I Fig. 4 og Fig. 5 er efter den amerikanske Originalafhandling gengivet en Afbildning af det benyttede Apparat og dets vigtigste Dele. I Fig. 4 ses selve Apparatet. Det bestaar af en stærk Støbejernsfod, der

bærer to Aksellejer forsynet med Smørekopper af sædvanlig Art for hurtiggaaende Aksler. I Aksellejerne kan med mindst mulig Friktion og Slingren bevæge sig en Staalaksel, der tilhøjre i Figuren er forsynet

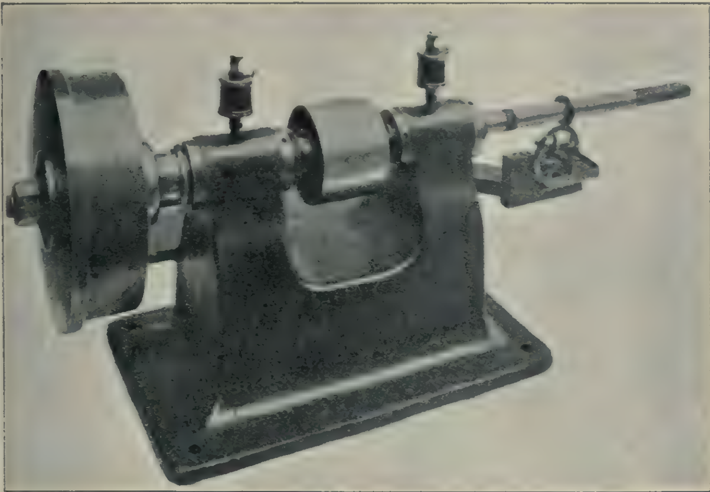


Fig. 4. Centrifuge til Bestemmelse af Jordarters vandholdende Evne.

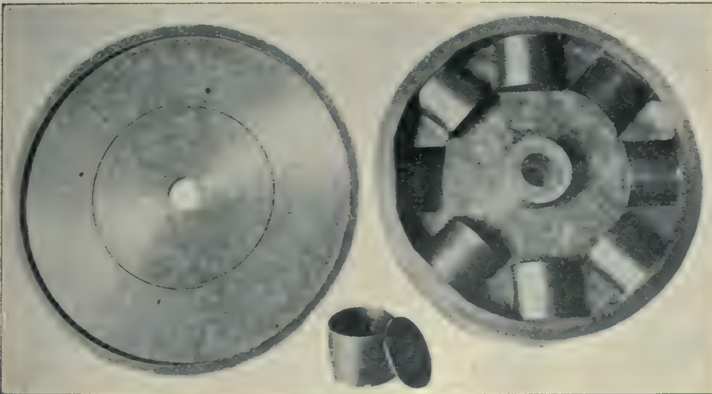


Fig. 5. Centrifugedaasen i adskilt Tilstand.

med et Tælleværk. I Midten mellem Aksellejerne er anbragt en Remskive, saa at Akselen kan bevæges hurtigt rundt ved en Rem (ikke vist i Figuren). Tilvenstre i Fig. 4 er der paa Akselen fastskruet en stærk Metalcylinder eller Daase, der tjener som Centrifuge*). Denne Centri-

*) Hele Apparatet er, som det vil ses, iøvrigt det sædvanlige, der benyttes i Fabriker til Anbringelse af hurtig roterende Slibesten (Smergel eller Karborund), og er altsaa en simpel gangbar Handelsvare, kun Slibeskiven er her erstattet af Centrifugedaasen.

fugedaase er med afskruet Laag gengivet i Fig. 5. Centrifugen indeholder 8 Stk. løse Metalcylindere til Anbringelsen af Jordprøverne. I Centrifugedaasens Bund er udsparet Rum til Anbringelse af Prøvecylinderne. Disses yderste Ende er forsynet med et fint Næt af Metaltraad, ovenover hvilket der bliver anbragt en Skive Filtrerpapir. Den udslyngede Fugtighed passerer ud gennem Filtrerpapiret og Traadnettet, uden at Jorden kan følge med. Den inderste Aabning af Prøvecylinderne kan lukkes med et Laag, saa at Jordprøverne ikke kan falde ud, naar Cylinderne bliver anbragt i de i Fig. 5 viste Stillinger i Centrifugen. Akselen bliver trukket af en Rem fra en Dampturbines Drivhjul, og Hastigheden og de relative Størrelser af de benyttede Remskiver er afpasset saaledes, at Centrifugen under almindelig Fart bevægede sig 5000 Gange rundt i Minutet. Herved blev under de givne Omstændigheder Centrifugalkraften, der rykkede Vandet ud af Jordprøvernes Porer, c. 3000 Gange saa stor som det Tryk, hvormed Tyngden vilde virke paa Vandet i Prøverne, hvis de anbragtes i almindelig oprejst Stilling. I Prøvecylinderne blev anbragt et c. 5 Mm. højt Lag af de befugtede Jordprøver, og Maskinen blev sat i Gang, efter at Prøvecylinderne var blevet sat ind i Centrifugen og denne tilskruet. Efter c. $^1/_4$ Times Forløb havde Prøverne opnaaet konstant Vægt og indeholdt nu saa meget Vand, som der kunde tilbageholdes i dem af Haarrørskraften under det givne Centrifugaltryk. Ved Tørring af Prøverne blev den tilbageholdte Vandmængde bestemt som Tørretab og beregnet i Procent. Det fundne Tal kalder Forfatterne for *the moisture equivalent of the soil*, vi kan vel paa Dansk kalde det for Jordprøvens Fugtighedstal*). En lang Række sammenlignende Undersøgelser med samme Jordart udført til forskellige Tider viser, at Fugtighedstallet kan bestemmes med stor Nøjagtighed, og at det under de givne Omstændigheder er en konstant Størrelse for paagældende Jordart. Ved forskellige Jordarter afhænger Fugtighedstallet af Jordarternes Sammensætning navnlig af deres Kornstørrelse. Blandt det store Antal Analyser af Jord, som de nævnte amerikanske Forskere har udført, kan følgende anføres, der viser en Jordart med et lavt, med et middelstort og med et meget stort Fugtighedstal. Af de samme Jordprøver er der udført Slemninger paa senere beskreven Maade, hvorved den relative Kornstørrelse af de forskellige Jordpartikler i Prøven er blevet bestemt. Samtidig blev ogsaa Mængden af Humus i Jordprøverne bestemt ved den saakaldte Forbrænding paa den vaade Vej**).

---

*) I Lighed med et Stofs „Brydningstal", „Jodtal" osv.

**) Med Kaliumdikromat og Svovlsyre

Jordart	Fugtighedstal Procent	Humus Procent	Procent Stof af Kornstørrelse:						
			2—1,0 Mm.	1,0—0,5 Mm.	0,5—0,25 Mm.	0,25—0,10 Mm.	0,10—0,05 Mm.	0,05—0,005 Mm.	0,005—0,000 Mm.
Groft „Norfolk Sand“............	4,6	0,9	9,6	35,3	19,1	16,4	7,2	7,3	4,8
Klæget „Houston Ler“...........	22,5	1,3	0,5	1,7	2,8	13,3	9,1	45,9	26,4
Stift Undergrundsler „Iredell Ler“.	46,5	0,4	1,4	1,6	1,7	8,9	8,5	17,8	59,8

Ved denne Fremgangsmaade faar man nøjagtig bestemte Tal, der giver Oplysninger om den Kraft, hvormed Fugtigheden tilbageholdes i de paagældende Jordprøver, saa at Fugtighedstallet tillader en direkte Sammenligning i saa Henseende mellem forskellige Jordarter.

I Naturen afhænger en Jordarts vandholdende Evne dog som før omtalt ogsaa for en væsentlig Del af dens Lejringsforhold. Vil man derfor bestemme en Jordarts vh. E., saaledes som Jordarten forekommer i Naturen, kan man benytte en af *R. Heinrich* i 1882 angivet Fremgangsmaade, hvorved man arbejder med naturligt lejrede Jordprøver [13]).

Paa Jordoverfladen anbringes en Metalblikcylinder, der er aaben i begge Ender. Den er 20 Cm. i Tværsnit og 40 Cm. høj. Den trykkes lidt (2 Cm.) i Jorden og fyldes med Vand. For at man ikke ved Paafyldningen skal frembringe Forstyrrelse i de øverste Jordlag, er der lige over Jordoverfladen inde i Cylinderen fastgjort et fint Traadnet, der fordeler Vandet jævnt over Jorden. Ved Vandingen faar Jorden under Cylinderen det Maksimum af Vandindhold, som d. vh. E. under de givne Forhold tillader Jorden at tilbageholde i sine Porer. Cylinderen borttages, Jorden tildækkes med et Laag og overlades til sig selv i 24 Timer. Nu udtages der ved Hjælp af en nedtrykket Staalcylinder en Jordprøve af den befugtede Jord, idet Staalcylinderen efter Nedtrykning til den ønskede Dybde udgraves, saa at Jordsøjlen med en Spade eller Kniv kan afskæres i Flugt med Cylinderens Underkant. Paa tidligere angivet Maade (smlg. S. 29) bestemmes den udtagne Jordprøves Vandfylde, der altsaa angiver Jordens vandholdende Evne under Forudsætning af, at den givne Jordprøve var blevet saa gennemfugtig, som den under de givne Omstændigheder var i Stand til.

Metoden er velanvendelig og giver et virkelig Udtryk for paagældende Jordprøves vandholdende Evne, men tilfældig tilstedeværende Hulrum i Jordprøven, Regnormegange eller tilfældig tilstedeværende større Sten kan forrykke Resultatet betydelig i den ene eller anden Retning, saa at der for at eliminere Tilfældighederne i det enkelte Re-

sultat maa foretages et større Antal Undersøgelser af samme Jordlag. Da den enkelte Bestemmelse, som man vil se, er ret omstændelig og kræver megen Tid og gennemført Nøjagtighed, bliver Bestemmelsen af et mere udstrakt Jordlags vandholdende Evne baade tidsspildende og kostbar.

Jordens Gennemtrængelighed for Vand eller dens vandførende Evne staar i omvendt Forhold til dens vandholdende Evne, altsaa i ligefremt Forhold til Kornstørrelsen*). Dog spiller Lejringsforholdene ogsaa her en meget stor Rolle, saa at en Jordart i løs Lejring ulige lettere lader Vandet strømme igennem sig end den samme Jordart, naar den er fast sammenlejret. En fuldkommen tør Jordart „skyder Vandet" og udøver en ikke ringe Modstand mod Vandets Indtrængen, medens den største Gennemtrængelighed hos paagældende Jordart først indtræder, naar den er blevet fuldstændig gennemfugtet. Dette gælder i Særdeleshed finkornede Jordarter som Ler og humusholdig Jord, medens det for grovkornede Jordarter ikke spiller saa stor en Rolle. I Praksis spiller de Kanaler, der opstaar i Jordarterne ved Planterøddernes Fremtrængende og ved forskellige gravende og rodende Dyrs Virksomhed, en meget stor Rolle m. H. t. Overgrundens Gennemtrængelighed for Vand, ligesom det tidligere er omtalt for Luftens Vedkommende. Man kan prøve en Jordarts Gennemtrængelighed for Vand ved at anbringe ovenpaa paagældende Jordart i Naturen en i begge Ender aaben Metalcylinder, der trykkes lidt ned i Jordlaget. Cylinderen fyldes med Vand, og man iagttager, hvor hurtigt Vandsøjlen synker. Man vil ogsaa kunne faa et Maal for Gennemtrængeligheden ved at iagttage, hvor meget Vand pr. Fladeenhed det er nødvendigt at tilføre i en vis Tid for at holde Væskehøjden i Cylinderen konstant.

Bestemmelse af Jordarternes vandførende Evne har ikke ringe Betydning for Praksis, navnlig med Hensyn til Planlæggelse af Dræningsanlæg[14]).

Grundvand. Den Mængde Vand, der paa Grund af Tyngdekraften søger nedad i Jordlagene, bidrager først til at fylde Haarkarrene i de dybere Lag og naar maaske ikke videre. Er Vandmængden dog større end den Mængde, der kan tilbageholdes af Haarrørskraften og Vedhængskraften, vil de grovere Kanaler i Jordarten ogsaa blive fyldt, og

---

*) Dette er dog under Forudsætning af, at Kornstørrelsen i paagældende Jordart er ensartet. I en Sandjord vil saaledes en Indblanding af Sten nedsætte Gennemtrængeligheden, da de tager Pladsen op uden at give en tilsvarende Mængde Hulrum, hvorigennem Vandet kan passere. Gruset Sand (med faa Sten) har altsaa mindre Gennemtrængelighed end Sandet alene.

gennem disse vil Vandet synke stedse dybere ned, indtil det naar en Hindring: et vandstandsende Lag. Her dannes en Art underjordisk Sø eller Flod i Jordens Porer, og den her tilstedeværende Vandmasse kaldes Grundvandet. Dets Overflade benævnes Grundvandspejlet. Dettes Beliggenhed i Forhold til Jordoverfladen er i høj Grad forskellig paa forskellige Steder. Dets Dybde under Overfladen kaldes Vandrejsningen. Denne kan ogsaa mere rationelt angives ved at maale Grundvandspejlets Højde over Havoverfladen (Normal 0). Vandrejsningen er afhængig dels af det vandstandsende Lags Beliggenhed, dels af den relative Mængde af nedsivende Vand i Forhold til den Mængde, som løber bort fra det lavest liggende Punkt af den underjordiske Søs Rand eller gennem den underjordiske Vandstrøms Leje. Vandrejsningen kan være forskellig til forskellige Aarstider, og Grundvandspejlet indenfor et givet Terræn behøver ikke at være vandret, men stiller sig med hældende Flade henimod den Strækning, hvor Afløbet finder Sted, i hvilken Retning Vandtrækket i Jorden gaar. I tørre Tider fordamper der Vand fra Jordoverfladen, og Haarrørskraften stræber stadig at forsyne de udtørrede Jordlag ved at suge Vand op fra Grundvandet, hvorved Grundvandspejlet kan sænkes betydelig, maaske saa dybt at Haarrørskraften ikke længere formaar at løfte Vandet op til Overgrundens Lag, saa at disse ved Udtørringen kan blive blottet for den største Mængde af Haarrørsvandet. Undertiden kan Overgrunden dog indirekte holdes noget fugtig fra Grundvandet, skønt Haarrørsvirkningen er afbrudt, da der fra Grundvandspejlet kan opstige Dampe, der kan fortættes i Overgrundens Lag, hvis disse Lag er afkølet under Dampenes Dugpunkt. I fugtige Tider kan det fra Overfladen nedsynkende Vand bringe Grundvandspejlet til at stige, saa at Vandrejsningen — hvis der ikke er tilstrækkelig underjordisk Afløb — bliver højere end paagældende Jordoverflade. Grundvandspejlet bliver derved til et frit beliggende Vandspejl i den Sø, der under disse Forhold danner sig paa Jordoverfladen. Hvis et vandførende Lag gaar ind under eller bliver dækket af et vandstandsende Lag, vil Grundvandet i det vandførende Lag bevæge sig efter Lovene for Væskers Bevægelse i lukkede Ledninger. Vandet i et saadant Lag kan være underkastet et betydelig Tryk, hvad der giver sig tilkende, naar der ved Boring eller paa anden Maade gaar Hul paa det overliggende vandstandsende Lag. I Borehullet eller Jordspalten kan Vandrejsningen være saa stor, at Vandet kan trænge frem til Jordoverfladen med stor Kraft som en kunstig (artesisk) eller naturlig Kilde (smlg. 1. Bd. S. 174—75).

Jordvandets kemiske Sammensætning kan være højst forskellig. Ved Nedsivning af Vand gennem Overgrunden optager Vandet

dels Kulsyre fra Jordluften dels Humussyrer fra de øverste Lag af Overgrunden, dels de i Jorden værende opløselige Salte. Baade kulsyreholdigt og humussyreholdigt Vand virker meget opløsende og dekomponerende paa adskillige af Mineralerne i Jorden, særlig paa deres Indhold af Alkalier og „alkaliske Jordarter" (Kalk og Magnesia).

Medens 1 Liter destilleret Vand ved 16° kan holde opløst 0,020 Grm. Calciumkarbonat, kan 1 Liter kulsyremættet Vand efter Temperatur- og Trykforholdene opløse 1—3 Grm. Calciumkarbonat (jo højere Temperatur desto mindre opløses der, medens der ved højere Tryk opløses mere Kulsyre og som Følge deraf mere Calciumkarbonat end ved lavere Tryk). Magniumkarbonat er saa godt som uopløselig i rent Vand, medens kulsyremættet Vand ved 19,5° og 1 Atmosfæres Tryk kan opløse 25,8 Grm. $MgCO_3$ og ved 9 Atmosfærers Tryk endog 56 Grm. $MgCO_3$.

Vand, der indeholder opløste Salte, virker mere opløsende paa nogle Mineraler end rent Vand, men det omvendte kan ogsaa forekomme. Spørgsmaalet er meget vigtigt med Hensyn til Forstaaelsen af de kemiske Reaktioner, der foregaar i Jordbunden, men er yderst kompliceret. Der er foretaget et meget stort Antal Undersøgelser af mange forskellige Kemikere, men noget almindeligt Resultat kan ikke gives i Følge Sagens Natur. Sammenfattende Undersøgelser med en Mængde Litteraturhenvisninger er i den nyeste Tid udført af den amerikanske Jordbundsforsker *Frank K. Cameron*, og ligeledes forefindes flere ny Rækker af Specialundersøgelser over disse Spørgsmaal af andre amerikanske Forskere [15]).

Ved Drænvands Undersøgelser lærer man Sammensætningen af Jordvandet fra dyrket Mark at kende. *J. G. Forchhammer* var den første eller en af de første, der indsaa Betydningen af saadanne Undersøgelser ved Forstaaelsen af Stoffernes Kredsløb i Naturen [16]), men senere hen er saadanne Undersøgelser i langt større Maalestok og med mere fuldkomne Midler fortsat navnlig paa Forsøgsstationen ved Rothamsted i England [17]) og andre Steder. Regnvandet, der passerer den dyrkede Jordbund, opløser og bortfører en ikke ringe Mængde af de Stoffer, som ikke holdes tilbage ved den Absorption, som visse Bestanddele i Jordbunden udøver, og som senere vil blive nærmere omtalt ved Beskrivelsen af Jordbundens faste Bestanddele. Gennemsivningsvandet indeholder fortrinsvis Salpetersyre, Svovlsyre, Calciumoxyd og Magniumoxyd, men kun meget smaa Mængder Fosforsyre, Kali og Ammoniak. Jordbunden kan herigennem være udsat for et stort Kvælstoftab, da Ammoniak vel bindes af Jorden, men under passende Varme og Fugtighedsforhold hurtigt omdannes til Salpetersyre, der let udvaskes. Drænvandsundersøgelserne viser, at Salpetersyretabet er størst i den varme Tid — fra Maj til Oktober — da de organiske kvælstofholdige

Stoffer i denne Tid hurtig forraadner til Ammoniak og denne atter til Salpetersyre, men disse Virksomheder i den kolde Del af Aaret er meget hæmmende, saa at Salpetersyretab gennem Drænvand paa denne Aarstid kun er ringe. Brakjord lider det største Kvælstoftab, da Salpeterdannelsen i Brakjorden foregaar meget livlig i den varme Aarstid, og der ingen Plantevækst findes, der kan udnytte Nitraterne, efterhaanden som de frembringes. Man har fundet, at Kvælstoftabet ved Udvaskningen af Brakjorden er lige saa stort som den Mængde Kvælstof, en god Kornafgrøde vilde berøve Jorden. De Jorder, der gødes rigelig med Staldgødning, giver mindre Drænvand og har et mindre Kvælstoftab end Jorder, der alene faar Kunstgødning. Staldgødningen omdannes til humusholdige Stoffer i Jordbunden, hvorved dennes vandholdende Evne forøges, samtidig med at den gennem Staldgødningen tilførte Kvælstofmængde for en Del af Stoffernes Vedkommende ikke saa let omsættes og udvaskes som Kunstgødningens Ammoniumsalte eller Chilisalpeter.

En god Jordbundsøkonomi maa i høj Grad være rettet paa at hindre Kvælstoftab fra Jordbunden saa meget som muligt, hvad der fortrinsvis opnaas ved Plantevæksten, da denne udnytter Salpetersyren, efterhaanden som den dannes i Jordbunden. Ikke alle vore Kulturplanter kan i lige høj Grad hindre Salpetersyretabet ved Udvaskning. Græs og Rodfrugter staar paa Grund af deres længere Voksetid over Kornsorterne i saa Henseende. For at Kulturplanterne fuldt ud kan udnytte et enkelt Plantenæringsstof som Salpetersyren, kræves der dog, at der i Jordbunden skal være tilsvarende store Mængder af de andre Plantenæringsstoffer (navnlig Kali, Fosforsyre og Kalk) i let tilgængelig Form.

Drænvands Indhold af Svovlsyre og Saltsyre er størst efter Anvendelse af Kaligødning af de almindelige Arter, der bestaar af Sulfater og Klorider. Svovlsyremængden forøges ogsaa efter Benyttelsen af Superfosfat, der indeholder megen Calciumsulfat.

Plantevæksten virker ikke alene beskyttende mod Kvælstoftab, men Drænvand fra bevokset Mark er i det Hele taget ikke saa rigt paa de plantenærende Stoffer som fra Brakmark. I saa Henseende kan anføres en Række oplysende Undersøgelser af den østrigske Forsker *J. Hanamann* fra 1899[18]). Forsøgene blev udført ved at benytte „Alluvialjord", der i Portioner paa 50 Kg. blev fordelt i forskellige Forsøgskar, der dels lodes uden Bevoksning (brak), dels besaaedes eller beplantedes med forskellige Agerbrugsplanter. Regnmængden, der faldt paa hver Forsøgskar i Forsøgstiden fra 1ste April til sidst i Oktober, udgjorde 30 Liter. Sammensætningen af det afløbne Drænvand og dettes Mængde er angivet i omstaaende Tabel (forkortet Uddrag). I det afløbne Vand fandtes:

	Brakjord	Bevokset med Kløver	Bevokset med Raps	Bevokset med Sommer-hvede
Kali	0,167 Grm.	0,051 Grm.	0,060 Grm.	0,086 Grm.
Natron	0,195 —	0,054 —	0,090 —	0,039 —
Kalk	0,598 —	0,376 —	0,484 —	0,285 —
Magnesia	0,111 —	0,051 —	0,078 —	0,048 —
Klor	0,088 —	0,050 —	0,015 —	0,015 —
Svovlsyre	0,398 —	0,105 —	0,269 —	0,167 —
Totalmængde gennemløbet Vand	7080 —	2650 —	4250 —	2041 —

Man ser af ovenstaaende Tabel, i hvor høj Grad Brakbehandling slider paa Jordens Værdistoffer ved Udvaskning, medens Plantevæksten til Dels forhindrer en saadan Bortfjerning af de plantenærende Stoffer. Naar saavel Brakbehandling som Dræning ikke desto mindre har været Hjælpemidler af meget stor Betydning for Landbruget, beror det paa, at de Onder, som de bragte Midler imod — uren Jord og vandsyg Jord — var større end den Skade, de forvoldte Jorden ved Udvaskning af de plantenærende Bestanddele.

Derimod kan Dyrkning af Planter, der nedpløjes som Grøngødning og Overrisling af Jordbunden med Vand, der indeholder Plantenæringsstoffer, paa en Maade siges at virke lige i modsat Retning af Brakning og Dræning. Plantenæringsstofferne opsuges fra Jordbunden og magasineres i de voksende Planter og gennem Overrislingsvandet tilføres nye Mængder Stof, saa Forraadet af Plantenæringsstoffer i Jordbunden derved bliver forøget.

Det nærmere om disse Forhold maa i det enkelte dog siges at høre mere ind under Agerdyrkningslæren end under Jordbundslæren og henvises derfor til den førstnævnte.

Jordbundens faste Bestanddele.

Umiddelbart ved at føle eller smage paa Jord kan man overbevise sig om, at almindelig Agerjord bestaar af forskelligartede Bestanddele. Ved Undersøgelse under Lupen eller Mikroskopet kan man erfare disse Bestanddeles nærmere Art og ved Sigtning og Slemning paa Maader, som senere vil blive omtalt, kan man skille Jordarterne ad i finere og grovere Bestanddele, saa at man derved talmæssigt kan fastslaa Mængdeforholdet mellem de forskellige Bestanddele. Fra ældre Tid kaldes de finere Bestanddele Finjorden, de grovere Skelettet. Det er dog

ganske vilkaarligt, ved hvilken Kornstørrelse man vil sætte Grænsen mellem Finjord og Skelet.

Nærmest paa Grund af de gangbare Sigters Maskestørrelse kaldtes i tidligere Tid alt, hvad der gik gennem en Metaltraadssigte af en Maskevidde af 1/3 Mm. for Finjord og det, der blev tilbage paa Sigten for Skelet, og dette kunde atter skilles i Sten over 6 Mm. i Tværsnit og det mellem 6 Mm. og 1/3 Mm. liggende Grus, der udgjorde Jordbundens egentlige „Skelet". Nu anvendes hyppigst en noget anden Inddeling. Jordprøven sigtes gennem en Sigte med udborede cirkulære Aabninger paa 2,0 Mm. i Tværsnit; og de tilbageblivende Sten vaskes og tørres. Finjorden, der gaar igennem 2 Mm. Sigten, kan slemmes og sigtes og derved skilles i Bestanddele fra 2,0—1,0 Mm., 1,0—0,5 Mm., 0,50—0,25 Mm., 0,25—0,10 Mm., 0,10—0,05 Mm., 0,05—0,01 Mm. og endelig alt, hvad der er under 0,01 Mm. i Tværmaal, hvorimellem findes alle amorfe Mineralpartikler, saasom Ler og Okker samt Humus blandet med større eller mindre Mængder af finkrystallinske Bjergart- eller Mineralbrudstykker. Disse Bestanddele under 0,01 Mm. kan atter om fornødent ved mekanisk eller kemisk Behandling skilles yderligere.

Mængdeforholdet mellem Skelet og Finjord i en given Jordart har stor Indflydelse paa Jordartens Brugbarhed. Ved Beskrivelsen af de enkelte Jordarter i det følgende kommer vi nærmere ind paa, hvorledes Sammensætningen er hos de danske Jordarter, der danner Undergrunden for den dyrkede Jordbund i Danmark. I Almindelighed kan det siges, at Jorden, der indeholder meget af de allerfineste Bestanddele (Kornstørrelse under 0,01 Mm.) i Finjorden, ogsaa maa indeholde en ikke for ringe Mængde Skelet (c. 1/3 af hele Jordprøven) for at være bekvem for Dyrkningen. En Jord, der væsentlig kun bestod af finkornede Bestanddele, vilde i fugtig Tilstand let falde sammen og danne en dejgagtig Masse, der i tør Tilstand vilde blive haard og uigennemtrængelig for Planterødderne. Da Skelettet i Jorden bestaar af grove Bjergart- og Mineralbrudstykker, som i Tidens Løb kan blive sønderdelt, hvorved de muligt tilstedeværende plantenærende Stoffer bliver gjort tilgængelig for Planterødderne, er det ikke ligegyldigt, hvad for Bjergarter eller Mineraler Skelettet bestaar af. Feldspat-, kalk- og fosforsyreholdige Bjergarter vil være langt at foretrække fremfor Bjergarter, der fortrinsvis bestaar af Kvarts (Kvartsit, Sandsten). Ved Jordbundsundersøgelser i agronomisk Øjemed maa man derfor ligesom ved rent geologiske Undersøgelser (smlg. 2. Bd. S. 108) have sin Opmærksomhed henvendt ogsaa paa de grovere Bestanddele i Jordbunden og foretage Sorteringer af de frasigtede Sten, saa at den relative Mængde af de forskellige Stenarter kan fastslaas. Det er dog kun meget langsomt, at de plantenærende Stoffer i Jordbundens Skelet frigøres. Ved at lade Jorden henligge udsat for Luften (opkammet) vil de grovere Bjergartstykker ved Vejrsmuldring og Forvitring findeles, hvorved de plantenærende Stoffer bliver lettere

tilgængelig. Væsentlig herpaa beror den gamle Erfaringssætning, at Jordbunden „ved at hvile" under Brakning kunde samle „ny Kraft", samtidig med at Ukrudt blev udryddet ved Omplojningerne.

Skelettets regelmæssige Fordeling i Jordbunden spiller ogsaa en stor Rolle, saa at Porøsiteten kan blive ensartet. Dette fremmes meget ved en passende Jordbearbejdning. Særlig paa nøgen Jord (Brakjord) vil Regnvandet kunne foraarsage en Omslemning af Jorden i det smaa, saa at de fine amorfe Partikler skylles ned mod Undergrunden, medens de grovere Skeletdele lades tilbage, hvad ofte kan iagttages paa Brakjord ved Vinterens Slutning. Omplojning af Jorden vil atter kunne bringe det rette Blandingsforhold til Veje. Plantevækst vil i Almindelighed beskytte Overgrunden mod en saadan Desintegration ved det nedsivende Vand. Et Dække af formuldende Plantedele eller et Indhold af formuldende Plantedele i Overgrunden vil ligeledes i ikke ringe Grad virke beskyttende mod Desintegration. Dette giver sig i særlig Grad tilkende i Skovjordbunden, hvor Naturforholdene ikke forstyrres af Agerbrugsredskaberne, og hvor de samme Naturkræfter faar Lov til at virke uforstyrret i længere Tid ad Gangen. Det beror for den væsentligste Del paa de forskellige Forhold, dens Kolloider viser overfor rent Vand og overfor Saltopløsninger med Hensyn til Opslemningsevnen, dels paa Humusstoffernes Evne til at opløses i rent Vand, men være uopløselige i Saltopløsninger. Vi maa derfor her dvæle lidt ved disse Spørgsmaal, der dog i Hovedsagen hører hjemme i et senere Afsnit. Jordbundskolloiderne — navnlig Leret — kan let bringes i opslemmet Tilstand i rent Vand og holder sig i rent Vand i saa at sige ubegrænset Tid i denne Tilstand. Sættes der til en saadan Opslemning en Opløsning af forskellige Salte, særligt af Kalium-, Ammonium- eller Natriumklorid, koagulerer Opslemningen, og Leret sætter sig hurtigt tilbunds. Humussyrer opløses forholdsvis let i rent Vand, men bundfældes af Saltopløsninger. Vand, der passerer gennem løvdækket Jordbund eller gennem gødningsrig Jord, vil fra det formuldende Løv eller Gødningen optage en Del Salte navnlig Kalisalte og vil derfor ikke forstyrre Overgrundens Struktur ved at opslemme Leret eller opløse Humussyrerne. Den grynede og porøse Struktur, der er saa vigtig for Jordbundens Sundhed, vil derfor ikke lide Skade ved Vand fra løvdækket eller gødningsrig Jordbund. Er Løvet derimod paa en eller anden Maade bortfjernet, vil Regnvandet, der siver ned gennem Jordlagene, væsentlig optræde, som om det var destilleret Vand. Humussyrerne vil opløses, og Lerpartiklerne vil opslemmes eller i hvert Fald indsuge Vand og opsvulme („opkvælde"). Vandet vil føre med sig saavel Humusstoffer som opslemmet Ler og saaledes frembringe en Desintegration af Jord-

bunden, der vil kunne faa højst uheldige Følger (Blysand og Ahldannelse). —

Ved Jorddyrkning er man i Stand til ved Bearbejdning, Tilførsel af Jordforbedringsmidler og Gødning at skabe en god Vokseplads for Planterne — en god Overgrund — selv hvor Undergrunden i saa Henseende er af meget ugunstig Art, men det vil dog altid være af stor Betydning i økonomisk Henseende at have en god Undergrund. Det vil derfor være naturligt ved Betragtninger over Jordbundens forskellige Ejendommeligheder at begynde med at undersøge de Jordlag, der paa de forskellige Steder i Danmark danner Underlaget for den dyrkede Jordbund, altsaa med en Beskrivelse af:

Undergrunden:

Moræneler. Fra Beskrivelsen af Danmarks Geologi (2. Bd. S. 104) vil vi vide, at det fortrinsvis er Bundmorænen fra den yngre baltiske Istid, der danner Undergrunden paa de danske Øer, Østjylland og visse Strækninger mod Nordvest. Ved Istidens Slutning laa disse Strækninger, som tidligere omtalt, hen som øde stenbestrøede Lerbanker, hvis vilde af Gletscherelvene frembragte Konturer Regn og Nedskridninger i Tidens Løb de fleste Steder afrundede og udglattede, saa at det nuværende Danmarks afrundede Landskabsformer derved blev udmodeleret. I visse Egne havde dog Moræneleret som tidligere beskrevet en pladeformig Udbredelse ovenpaa de ældre Lag, som vi ser det i „Sletten“ i Nordfyn, „Heden“ paa Sjælland og den største Del af Laaland, hvilke Strækninger alle høre til de frugtbareste i Danmark.

Moræneler er som Masse en meget typisk usorteret Jordart. Lerpartikler under 0,001 Mm. i Størrelse, endnu uforvitret Stenstøv, dels af danske Stenarter (Kridtformationen), dels af skandinavisk Oprindelse, finere og grovere Sand, Grus og Sten op til Blokke saa store som Hesselagerstenen veksler i uregelmæssig Blanding. Saaledes fandtes ved Analyser af 13 Prøver af „Øvre Moræneler“ fra forskellige Steder i det nordøstlige Sjælland Mængden af Sten over 2,0 Mm. i Vægtprocent af hele Jordarten at veksle mellem 0,3 % og 10,0 %. I Finjorden (under 2,0 Mm.) vekslede Bestanddelene under 0,01 Mm. i Vægtprocent mellem 16,6 % og 59,3 %. Dog kan man, naar man undersøger et større sammenhængende Morænelerparti, iagttage, at Sammenblandingen af finere og grovere Bestanddele kan være foretaget saa grundigt under Istiden, at Jordarten har en temmelig ensartet Beskaffenhed indenfor den givne Strækning. Som Eksempel herpaa kan anføres en Række Undersøgelser, der i Sommeren 1892 blev udført paa en lidt over 100 Hektarer stor Strækning ved Lyngby Landboskole nær København[19]). Morænens ufor-

vitrede Partier er her som vistnok alle Steder i Danmark rig paa Calciumkarbonat og maa betegnes Morænemergel. Farven er i disse Partier graa og Mergelen er i tør Tilstand meget haard og fast sammenhængende, i fugtig Tilstand en plastisk Masse, hvori der dog ses og føles meget Sand og mange Sten. Morænemergelen er dækket af et snart lidt tykkere, snart lidt tyndere Lag af Forvitringsprodukter, der nedad til gaar over i og danner Undergrunden. Den uforvitrede Morænemergel blev truffet i noget forskellig Dybde under Overfladen og viste sig, som nedenstaaende Tabel angiver, at bestaa af følgende Bestanddele:

Slemmeanalyser og Kulsyrebestemmelser i Morænemergel.

Findestedet	Borehulmærke:	I_0	M_2	M_{12}	O_4	Q_0	S_{14}	T_3	U_4	U_0	X_2	Middeltal
	Dybde under Overfladen:	1,9 M.	1,9 M.	1,9 M.	2,8 M.	1,3 M.	1,9 M.	1,9 M.	1,9 M.	1,9 M.	1,9 M.	1,9 M.
Jordprøven bestaar af:		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
	Sten, større end 2,0 Mm.	7,4	4,6	4,9	8,3	6,9	3,6	8,7	3,2	4,1	8,6	6,03
	Finjord, mindre end 2,0 Mm..	92,6	95,4	95,1	91,7	93,1	96,4	91,3	96,8	95,9	91,4	93,97
Finjorden bestaar af:	GrovereSand, 2,0 —0,05 Mm. ..	58,6	59,2	60,6	57,8	56,9	51,9	56,1	48,5	53,5	60,0	56,31
	Fint Sand, 0,05 —0,01 Mm. ..	10,6	12,0	17,5	22,2	11,1	11,8	14,0	19,7	10,8	15,4	14,51
	Ler, mindre end 0,01 Mm.	30,8	28,8	21,9	20,0	32,0	36,3	29,9	31,8	35,7	24,6	28,18
Finjorden indeholder:	CO_2	6,53	7,98	6,08	8,11	9,71	9,55	8,21	14,43	6,39	5,07	8,18
	$CaCO_3$	14,82	18,00	13,80	18,41	22,04	21,68	18,40	32,69	14,51	11,47	18,5[illegible]

Ved at betragte Tallene i denne Tabel og det af dem beregnede Middeltal, ser man, at Morænemergelen i dette Terræn gennemgaaende har en temmelig ensartet Sammensætning. Over Halvdelen af Jordarten udgøres af Sand, uagtet Mergelen i fugtig Tilstand er meget plastisk og sammenhængende. Indholdet af Calciumkarbonat veksler en Del og naar i et enkelt Tilfælde endog 32,69 %, men er i de andre Prøver nærmere omkring 18 %. Calciumkarbonatet i Morænemergelen hidhører fra indblandede Kalksten, der er til Stede i alle mulige Kornstørrelser lige fra Blokke paa 1 Meter eller derover i Tværsnit til mikroskopiske

Korn langt under 0,01 Mm. i Tværsnit, saa smaa, at det næppe nok er muligt med Sikkerhed at paavise dem under Mikroskopet selv med stærk Forstørrelse. Den største Mængde Calciumkarbonat findes dog mellem de finkornede Bestanddele i Moræneleret. Det kan vises talmæssigt gennem Analyse af 3 Prøver fra samme Prøvesuite, som omtalt ovenfor:

	X_2	T_3	U_4
I Finjorden (under 2,0 Mm.) fandtes $CaCO_3$	11,47 %	18,40 %	32,69 %

Men ved at undersøge de enkelte Slemningsprodukter af Finjorden fandtes følgende Mængder Slemningsprodukt:

	X_2	T_3	U_4
2,0—0,05 Mm.	3,07 % CO_2	4,60 % CO_2	8,72 % CO_2
0,05—0,01 —	6,78 - —	11,80 - —	17,70 - —
Under 0,01 —	8,20 - —	14,22 - —	21,95 - —

Det vil altsaa sige, at hos Morænemergel staar den relative Mængde af Karbonater i omvendt Forhold til Kornstørrelsen. Man lærer ogsaa af disse Undersøgelser, at naar man benytter Morænemergel som Mergel og har lang Transport af den udgravede Mergel, vil man ved Fraharpning af de grovere Grusmængder i Morænen kunne vinde et Produkt med et forholdsvis langt større Indhold af Calciumkarbonat og med en mindre Vægtmængde at transportere*).

Forvitring af Morænemergel. Ved Udskylning, Udludning og Iltning kan der af Morænemergel opstaa en Række forskellige Omdannelsesprodukter. Den nærmest ved Morænemergelen staaende Jordart er det endnu kalkholdige Moræneler. Kalkmængden er sunket ned til 1/3 af Morænemergelens, men Leret giver dog endnu en tydelig Kulsyreudvikling ved at overgydes med fortyndet Saltsyre. Ferrosilikatet, der i Morænemergelen væsentlig er Skyld i Mergelens graa Farve, er i det her nævnte Forvitringsprodukt dekomponeret, og Jernet er til Dels til Stede som Ferrihydroxyd, hvorfor Farven er lysere gul.

Det andet Trin i Forvitringsrækken er det rødligbrune kalkfattige Moræneler. Alt Jernet er til Stede som Ferrihydroxyd, der ofte synes at være paa Veje til at koncentrere sig paa enkelte Punkter i Leret som et lille Tilløb til en Myremalmdannelse eller som en Spalteudfyldning i Lerets Revner eller i de Kanaler, der er frembragt af Regnorme eller af

---

*) Hvorvidt Udgifterne ved Knusning og Harpning af Morænemergelen kan dækkes af den derved fremkomne Værdiforøgelse af Mergelen, beror paa de nærmere Forhold, navnlig paa Udgifterne ved Mergelens Transport fra Produktions- til Forbrugsstedet.

Planterødder. Denne Jordarts Beskaffenhed har i agronomisk Henseende stor Betydning, da den i næsten alle oprindelig af Morænemergel dækkede Egne nu danner Underlaget for Mulden. En Række Analyser fra Undersøgelserne ved Lyngby Landboskole kan give Oplysning om disse forskellige Forvitringstrin. Af Morænemergel er der, som vist S. 46, foretaget 10 Analyser af Prøver taget indenfor det nævnte c. 100 Hektarer store Terræn. Af kalkholdig Moræneler er der 6 Analyser og af kalkfattig Moræneler 13 Analyser. De nedenfor anførte Tal er Middeltal af disse forskellige Analyserækker.

		Moræne-mergel	Moræneler	
			kalkholdigt	kalkfattigt
	Dybde under Overfladen	1,9 M.	1,6 M.	1,5 M.
	Sten større end 2,0 Mm.	6,03 %	5,7 %	4,8 %
	Finjord mindre end 2,0 Mm.	93,97 -	94,3 -	95,2 -
Finjorden bestaar af:	Grovere Sand 2,0—0,05 Mm.	56,31 -	59,3 -	63,9 -
	Fint Sand 0,05—0,01 Mm.	14,51 -	13,9 -	13,6 -
	Ler m. m. under 0,01 Mm.	28,18 -	26,8 -	22,5 -
	Finjorden indeholder $CaCO_3$	18,58 -	5,54 -	0,07 -

Af disse Tal kan gøres følgende Slutninger:

1) Forvitringsgraden afhænger af Dybden under Overfladen indenfor meget snævre Grænser. Paa det nævnte Terræn fandtes i en Middeldybde af 1,9 M. uforvitret Morænemergel, medens der i en Middeldybde af 1,5 M. fandtes stærkt forvitret næsten helt kalkfrit Moræneler.

2) Mængden af Sten større end 2,0 Mm. i Tværsnit aftager under Forvitringen samtidig med at Mængden af Finjord under 2,0 Mm. i Tværsnit bliver større. Det ene er en umiddelbar Følge af det andet og beror paa, at Stenene fryser itu og ved Forvitring falder hen til Sand og Grus.

3) Ved Finjordens Forvitring aftager Mængden af de fineste Bestanddele — under 0,01 Mm. — væsentlig paa Grund af, at Kalken, der udludes fortrinsvis, findes blandt disse Bestanddele.

Mængden af Finjordens fineste Bestanddele er dog ikke aftaget saa stærkt, som det var at vente paa Grund af Kalkens Udludning, da der samtidig hermed dannes en ny Mængde (kalkfri) leret Materiale (under 0,01 Mm.) ved Forvitring af de grovere Mineralpartikler.

Ganske lignende Forhold findes ved Morænelerets Forvitring andre Steder i Landet. Saaledes meddeles i Beskrivelsen til det geologiske Kaartblad Hindsholm følgende Analyser af Moræneler fra Bratingsborg paa Samsø[20]).

		Morænemergel graa uforvitret	Moræneler gult forvitret
Dybde under Overfladen		Fra en Brønd	Fra en Lergrav
Sten større end 2,0 Mm.		1,9 %	0,2 %
Finjord mindre end 2,0 Mm.		98,1 -	99,8 -
Finjorden bestaar af:	Grovere Sand 2,0—0,05 Mm.	46,8 -	63,8 -
	Fint Sand 0,05—0,01 Mm.	11,8 -	13,4 -
	Ler m. m. under 0,01 Mm.	40,4 -	22,6 -
Finjorden indeholder $CaCO_3$		18,36 -	0,02 -
— — P_2O_5		0,071 -	0,032 -

Morænen, der danner Undergrunden for den oftere nævnte Del af det østlige Danmark, er som anført i Reglen typisk Morænemergel, d. v. s. kalkholdig og leret Moræne. Kun sjældnere optræder den i den uforvitrede Tilstand som Morænegrus, der i Nabolandene særlig i Sverig spiller en stor Rolle som Undergrund. Dog kendes der ogsaa fra visse Egne af Østjylland og fra Samsø Strækninger, hvor Morænegrus danner Undergrunden. Som Eksempel paa Sammensætningen af saadant Morænegrus kan anføres følgende af en Prøve fra Tullebjerg ved Permelille i Kolby Sogn paa Samsø[20]):

Morænegrus		
Sten over 2,0 Mm.		40,5 %
Finjord under 2,0 Mm.		59,5 -
De fundne 59,5 % Finjord bestaar af:	Grovere Sand 2,0—0,05 Mm.	55,5 -
	Finere Sand 0,05—0,01 Mm.	1,1 -
	Under 0,01 Mm.	3,2 -
$CaCO_3$		19,64 -

Grusets Farve angives at være gul, men det store Indhold af Calciumkarbonat viser, at Forvitringen ikke kan være skredet synderlig vidt frem.

Diluvialler, hvorunder indbefattes baade interglacialt og senglacialt stenfrit lagdelt Ler, danner pletvis Undergrunden for Agerjorden, men vistnok hyppigere for Skoven, da Leret er en af vore stiveste Lerarter og ikke er nogen særlig heldig Undergrund for Agerjord og derfor har faaet Lov til at ligge hen som Skovbund, Enkelte af Skovene i det nordostlige Sjælland, saaledes Skoven S. f. Hellebæk, noget af Gurrevang, Laveskov og noget af Skovene ved Vejle vokser paa Diluvialler. Som Eksempler paa Sammensætningen af Diluvialler kan anføres nedennævnte, der er Resultatet af Analyserne af 9 Prøver fra Kaartbladene Helsingør og Hillerød.

Kornstørrelse:	Min.	Middeltal	Max.
$0{,}_5$—$0{,}_{05}$ Mm.	$10{,}_{78}$ %	$15{,}_{00}$ %	$19{,}_{40}$ %
$0{,}_{05}$—$0{,}_{01}$ —	$15{,}_{83}$ -	$19{,}_{33}$ -	$28{,}_{17}$ -
Under $0{,}_{01}$ —	$53{,}_{89}$ -	$65{,}_{07}$ -	$72{,}_{85}$ -

Disse Lerarter har altsaa en Sammensætning, der er meget forskellig fra Morænelerets. Der findes langt mere af fine Bestanddele (under $0{,}_{01}$ Mm.) i Diluvialler end i Moræneler og de groveste Bestanddele $0{,}_5$—$0{,}_{05}$ Mm. er i Virkeligheden kun fint Kvartssand sammenkittet med Ferrihydroxyd. Kalkmængden i Diluvialler er vekslende med Forvitringsgraden og kan i uforvitrede Prøver stige til over 30 %. Ler af denne Art danner derfor en fortrinlig Mergel, der særlig har fundet udstrakt Anvendelse ved Hedeopdyrkningen. Ved Stilbjerg i Ringgive Sogn findes saaledes betydelige Lejer af Diluvialler med 10 % Calciumkarbonat (efter *C. F. A. Tuxen*), hvorfra Mergelen føres paa Sporbane milevidt ud i Heden til Urup. Ved Funder Station findes ogsaa store Lag af blaaligt og hvidligt Diluvialler med et Indhold af 30 % Calciumkarbonat. Lignende Lag findes ved Ikast, ved Feldborg o. fl. Std. Mergelen ved Feldborg danner et, saavidt man kan skønne, udstrakt Leje af betydelig Dybde og indeholder c. 37 % Calciumkarbonat og $0{,}_{20}$ % (i fort. Saltsyre opl.) Fosforsyre og er saaledes af fortrinlig Beskaffenhed som Jordforbedringsmiddel i denne magre Hedeegn.

Diluvialleret benyttes i udstrakt Maalestok som Teglværksler. Her er det i Særdeleshed de forvitrede kalkfattige øvre Lag, der har Værdi, da de ved Brænding giver røde Mursten. De fleste af Nordost- og Nordvestsjællands store Teglværker drives paa denne Lerart.

Yoldialer (senglacialt marint Ler se 2. Bd. S. 161) danner i ret udstrakt Grad Undergrund for Agerjorden i Vendsyssel. *A. Jessen* har meddelt Analyser af Prøver fra 41 forskellige Lokaliteter paa de geologiske Kaartblade Hirtshals, Frederikshavn, Hjørring og Løkken, hvoraf det fremgaar, at Yoldialerets mekaniske Sammensætning er meget varierende, idet Mængden af Partikler mindre end 0,01 Mm. i forskellige Prøver veksler fra 15 %—90 %[21]. En Jordart med saa stort et Indhold af fine Partikler (90 %), der tilmed som Yoldialeret for største Delen bestaar af egl. Ler, vil volde meget store Vanskeligheder for Agerdyrkningen, medens de mere sandede Arter Yoldialer danner en god og hensigtsmæssig Undergrund, der er rig paa plantenærende Stoffer. I uforvitret Tilstand er Yoldialeret en god Mergel, hvori Mængden af Calciumkarbonat kan stige til 35 %. Yoldialeret har i udstrakt Maalestok været benyttet som Mergel og vil ogsaa i den nære Fremtid faa stor Betydning i saa Henseende. Desuden har det Anvendelse til Teglværksbrug og ved Cementfabrikationen.

Postglacialt marint Ler (2. Bd. S. 174) danner Undergrunden for Agerjorden i mange af de hævede Fjorde og i de ad kunstig Vej foretagne Udtørringer af tidligere Havbugter og Vige. Lerets Beskaffenhed er af lignende vekslende Art som Yoldialerets, men det indeholder tillige ofte en Del organiske Stoffer. Naar det kan bringes ordentlig i Kultur og holdes vel afvandet og udluftet, kan det danne Grundlaget for Tilvejebringelsen af nogle af de frugtbareste Jorder i Danmark.

Plastisk Ler (eocænt Ler, 2. Bd. S. 84) besidder højst ubehagelige Egenskaber som Undergrund; det er stenhaardt i tør Tilstand og fuldkommen vandstandsende i fugtig Tilstand, da det bestaar saa godt som udelukkende af lerede Bestanddele under 0,01 Mm. i Tværmaal. Lige i Overfladen forekommer det dog kun faa Steder og kun i smaa Pletter.

Glimmerler (oligocænt Ler, 2. Bd. S. 92) er kali- og fosforsyrerigt og undertiden ogsaa kalkholdigt. Det indeholder jevnlig Svovlkis, og deraf opstaaet Ferrosulfat, der er en Plantegift, der kræver Udluftning for at uskadeliggøres.

Diluvialsand er som omtalt under Danmarks Geologi (2. Bd. S. 112) dannet dels før, dels under, dels ogsaa umiddelbart efter den sidste Istid og danner i Østjylland og paa Øerne mange Steder mægtige Lag, der ofte gaar op og udgør Undergrunden for Agerjorden uden at være dæk-

ket af Moræne. Dette kan enten bero paa, at Moræænen har været saa tynd, at den ved Forvitringen er blevet udslettet og blandet med Diluvialsandet, saa at den nu kun giver sig tilkende ved en Stenbestrøning i Diluvialsandets øverste Lag, men det kan ogsaa hidrøre fra, at Diluvialsandet dækker over Morænen, d. v. s. er senglacialt. Diluvialsandet er i Reglen af en temmelig ensartet finkornet Beskaffenhed, men grovere grusede Lag kan dog ogsaa forekomme. De øvre Lag er gule paa Grund af Jernindholdets Iltning, de dybere Lag er graa. De mere finkornede Sandlag danner en let, men ingenlunde daarlig Undergrund for Agerjorden og indeholder ikke ubetydelige Mængder af Plantenæringsstoffer. Saaledes viser en Række Analyser af Diluvialsand fra Nordsjælland et Indhold af Calciumkarbonat 2—7 %, Ferrihydroxyd $0{,}1$—5 %, Fosforsyre $0{,}03$—$0{,}1$ % samt en Del Kaliglimmer og Feldspat, der efterhaanden vil kunne afgive noget Kali til Planterne. Er Fugtighedsforholdene tilfredsstillende, vil Sandet godt kunne tjene som Grundlag for gode Afgrøder.

Rullestensgrus, der ligesom Diluvialsandet er opstaaet ved Udskylning af Morænerne, er derimod med Hensyn til Indholdet af plantenærende Stoffer af meget ringere Art end Diluvialsandet og egner sig bedre til at bære Skov end til at benyttes som Grundlag for Agerdyrkning. Gripskov i Sjælland, Stendalgaards Plantage ved Viborg og Skovene ved Himmelbjerget m. fl. staa for største Delen paa Rullestensgrus. Denne Jordarts Forhold overfor Plantevæksten er for en Del afhængig af de Bjergarter, hvoraf Gruset bestaar. Granit og lignende feldspatholdige Bjergarter vil ved Forvitringen efter Grusets Aflejring afgive dels lerede Partikler, der vil forbedre den fysiske Beskaffenhed særlig Absorptionsevnen og den vandholdende Evne og tillige vil der frigøres Kalisalte, som vil kunne komme Planterne, navnlig de dybtsøgende Skovtræer tilgode. Er Gruset derimod opstaaet af Flint, Sandsten eller andre kvartsholdige Stenarter, kan disse Stenarter vel forvitre og frostsprænges, men Jordbundens Beskaffenhed vil ikke i væsentlig Grad derved forbedres hverken i fysisk eller kemisk Henseende.

Hedesandet staar i geologisk Henseende Rullestensgruset nær og er, som omtalt under Danmarks Geologi (2. Bd. S. 155) dannet under Afsmeltningen af den baltiske Landis. Det er snart temmelig gruset, snart har det en mere finkornet sandet Karakter og er ofte omflyttet og sorteret af Vinden under Afsmeltningstiden. Materialet er blevet meget stærkt udvasket og udludet under Aflejringen og indeholder kun lidt af plantenærende Bestanddele i opløselig Form. Dertil kommer, at Over-

grunden ved Dannelsen af Lyngskjold, Blysand og Ahl har lidt en særegen Omdannelse. Lyngskjoldens Tilstedeværelse bevirker dog, at det er muligt at drive Sandagerbrug paa Hederne, da Lyngskjoldens sure Humusstoffer ved Udluftning og Kalktilførsel lader sig omdanne til Muld, og Kvælstoffet i Humusen samtidig bliver tilgængelig for Planterne.

Flyvesand (1. Bd. S. 206, 2. Bd. S. 205) egner sig i Reglen kun i meget ringe Grad til at danne Underlaget for Agerjorden. Staar Grundvandet i Lagene tilstrækkelig nær ved Overfladen, kan der som Forsøg ved Skagen har vist ved Udjevning af Klitterne og i Klitdalene dannes Kunstenge ved Tilførsel af Mergel og Kunstgødning. Der dannes herved en fuldstændig kunstig Jordbund, og Planterne, der vokser heri, modtager næppe andet fra den oprindelige Jordart (Flyvesandet) end netop Vandet.

Blegekridt og Skrivekridt danner i enkelte Egne Undergrunden kun dækket af en humusholdig Overgrund, der kan være saa tynd, at Ploven træffer Undergrunden og fører Kridtet op med sig. Som Steder, hvor de nævnte af Kridtformationens Stenarter danner Undergrunden for Agerjorden, kan efter *C. F. A. Tuxen* nævnes i Jylland Syd for Randers ved Byerne Lime og Mygind og ved Clausholm, Syd for Aalborg i Fleskum og Hellum Herreder Vest for den lille Vildmose, i Øster Hanherred ved Thorup, Brovst og Kokkedal, Nord for Thisted i Hellerslev og i den nordlige Del af Hundborg Herreder. *A. Jessen* har ogsaa beskrevet, hvorledes Kridtet gaar op mod Overfladen paa Øland i Limfjorden og paa Strækninger af den nordlige Del af Kaartbladet „Nibe“ [22]).

Tørvemoser af forskellig Art (sml. 2. Bd. S. 181 o. fl.) er i Nutiden i stor Maalestok Genstand for Opdyrkning. Grundbetingelsen i saa Henseende er en tilstrækkelig Afvanding, dernæst Tilførsel af Kalk eller Mergel samt Kali- og Fosforsyregødning. Kvælstofmængden i Tørven kan beregnet for det askefri Tørstof gaa op til 2 %*), men er ikke direkte tilgængelig for Planterne, førend man ved Bearbejdning og Kalktilførsel har dannet en Overgrund, hvori det organisk bundne Kvælstof i Tørven kan omsættes til Ammoniak og Salpetersyre. Tørv fra Højmoser indeholder som Regel overordentlig faa Askebestanddele og af disse er Kiselsyre og Ferrioxyd i Reglen langt Hovedmængden. Man kan altsaa ikke fra saadan Højmosetørvs uorganiske Bestanddele vente noget væsentlig Tilskud til Plantevæksten under Opdyrkningen.

*) I Tørvegytje endog til henimod 6 %.

For Kærmosetørv er Forholdet derimod et andet. Vandet, hvori denne Tørv er blevet dannet, har som allerede før omtalt været langt rigere paa plantenærende Stoffer (2. Bd. S. 186), og Plantevæksten og Dyrelivet i de Vande, hvori Tørven er opstaaet, har været af langt mere mangfoldig Art end i de ensformig opbyggede Højmoser. Talmæssig kan dette vises eksempelvis ved en Række Analyser, anstillet i 1892—93 af Prøver taget i Kærmosen i Bunden af Strandmølleaa-Dalen ved Lyngby Landboskole. Øverst findes Grønsvær dannet af forskellige Græsarter, samt Stargræs, Padderokker, Siv, Tagrør o. s. v. Derunder følger Tørv, der i sine underste Lag, der er dannet i aabent Vand, er dyndet og gaar over i Gytje. I denne Kærmose, der bræmmer det nuværende Aaløb, blev der foretaget et større Antal Boringer gennem Tørven ned til Underlaget. Tørvelagets Mægtighed er 3—5 M. Som Eksempel kan følgende Række Prøver fra samme Borehul (C_2) i forskellig Dybde anføres[23]):

Kærmosetørv. Boreprøver fra Strandmølleaa-Dalen lidt N. f. Brede Klædefabrik (Borehul C_2).

Tørv i	0,3 M.	Dybde	løs, trevlet, lysebrun.
—	1,3 —	—	fastere, mørkebrun.
—	1,9 —	—	tæt, fast, sortebrun.
—	3,8 —	—	gytjeagtig, graabrun.

Tørret ved 110⁰ giver:

Tørv fra	0,3 M.	1,3 M.	1,9 M.	3,8 M.
Gas	52,55 %	47,35 %	49,28 %	10,22 %
Kokes.........	28,05 -	35,54 -	38,15 -	19,05 -
Aske..........	19,40 -	17,11 -	12,57 -	70,73 -
	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %

Fraregnes de uorganiske Bestanddele „Asken", findes i:

Tørv fra	0,3 M.	1,3 M.	1,9 M.	3,8 M.
Gas	65,20 %	57,13 %	56,37 %	34,92 %
Kokes.........	34,80 -	42,87 -	43,63 -	65,08 -
	100,00 %	100,00 %	100,00 %	100,00 %

Heraf ses, at kun Prøverne fra 0,3—2 M. Dybde er Tørv, hvorimod Prøven fra 3,8 M. Dybde er Gytje. For alle Prøverne gælder Reglen, at Gasmængden aftager, og Kokesmængden stiger med Dybden. Hos den egentlige Tørv aftager Askemængden ogsaa med Dybden,

saa at Tørven altsaa i det hele bliver mere værdifuld som Brændemateriale, jo dybere man kommer ned, men for saavidt mindre værdifuld som Undergrund for Opdyrkning. Alle Prøverne indeholdt kulsur Kalk, hvad der er typisk for Tørv fra Kærmoser, medens Tørv fra Skovmoser, hvor Vandet har været stagnerende og næsten kemisk rent — bortset fra opløste Humusstoffer — sjælden eller aldrig viser et saadant Indhold, hvad der som nævnt ogsaa gælder for Højmosetørvens Vedkommende. Der blev anstillet en særskilt lille Undersøgelse over Mængden af kulsur Kalk i Forhold til de andre uorganiske Bestanddele (hovedsagelig Kiselsyre) i Tørvelagene. Herved viste det sig, at der paa 100 Dele Aske i Tørven fandtes:

i 0,3 M. Dybde:	i 1,3 M. Dybde:	i 1,9 M. Dybde:
$CaCO_3$ 41,11 %	3,34 %	0,34 %

Der er altsaa en meget stærkt udtalt Aftagen af Karbonatmængden med Dybden, beroende paa at jo mere Humussyre, der dannes af Planteresterne i Mosen, desto mere vil Kalken, der er indlejret mellem Planteresterne, opløses og bortføres, undertiden for atter at aflejres i Mosens allerunderste Lag som et Lag af „Mosekalk“ [24]).

Savner Mosen derimod Tilløb af næringsstofholdigt Vand, kan der i den opstaa Tørv væsentlig af ganske samme Beskaffenhed som den før omtalte Højmosetørv. Som Eksempler paa Beskaffenheden af en saadan Sphagnumtørv kan anføres følgende Undersøgelsesrække af Tørveprøver fra Gammelmose ved Lyngby N. f. Kbhvn. undersøgt i 1906 af Forf. paa Foranledning af afd. Prof. *E. Rostrup* [25]). Prøverne var meget ensartede i det Ydre og bestod af en i tørret Tilstand graagul svampet Sphagnummasse, der kun indeholdt faa Rester af andre Vand- eller Sumpplanter. Tilsyneladende var Plantemassen ikke meget forskellig fra levende Planter, men viste sig dog ved nærmere Undersøgelse at være i ret betydelig Grad humificeret og gav et dybt brunsort Udtræk med en Kaliopløsning. Der blev analyseret i alt 5 Prøver fra forskellige Steder, men da Resultaterne af Analyserne i det væsentligste er det samme for alle Prøver, vil det være tilstrækkeligt her at anføre følgende:

Vægtfylden af den naturlige vandmættede Tørvemasse er i Middeltal: 0,920.

Efter Lufttørring viste Tørven sig at have indeholdt Porevand mellem 10,6 og 13,2 Gange sin egen Vægt i lufttør Tilstand. Den lufttørre malede Tørvemasse tabte ved Tørring i 48 Timer ved 105° fra 14,82—15,99 % hygroskopisk Vand.

Den totale Askemængde af den lufttørre Tørv var i Gennemsnit 5,19 %. Ved Udkogning med Saltsyre tilbageblev der i Gennemsnit 3,55 % uopløselig Aske, der under Mikroskopet viser sig at bestaa af fine Smaastykker af Kvarts, Feldspat, Glimmer, Hornblende blandet med amorfe Lerpartikler. Det er altsaa ikke egentlige Askebestanddele fra Planterne, men Støv, der sandsynligvis er blæst ud i Mosen. I alle Prøverne findes i Asken Kiselrester af Diatomeer, men kun i en enkelt udgjorde disse Planterester en betydeligere Del af Asken. Den opløselige Del af Asken udgjorde i Gennemsnit 1,64 %. Heraf udgjorde Calciumkarbonat i Gennemsnit 0,55 %, medens Fosforsyre (P_2O_5) kun var til Stede som 0,07 % og Kali (K_2O) som 0,02 %. Resten af den egentlige Aske udgjordes hovedsagelig af Ferrioxyd.

I Virkeligheden er den organiske Stofmasse — og som Følge heraf ogsaa de til denne knyttede Askebestanddele — meget ringe i den yderst voluminøse vanddrukne Tørvemasse i en saadan Sphagnummose. Tænker man sig en Kubikmeter Tørvemasse i den naturlige fugtige Tilstand i Form af en Terning med Side- og Endeflader paa en Kvadratmeter, vil en saadan Terning, naar Vandet udpresses og Tørvemassen sammentrykkes, til den har omtrent samme Fasthed og Vægtfylde som et Stykke Træ, blive reduceret til et Kvadratmeter stort Lag paa 75 Mm. Tykkelse. Tænker man sig den sammentrykket, til den faar omtrent samme Fasthed og Vægtfylde som Stenkul, vil Massen kun have et Rumfang, der er c. 1/50 af det oprindelige.

Tallene viser, hvor vigtigt det ved agronomiske Undersøgelser er — for ikke at komme til falske Sammenligninger — at beregne de ved Analyserne fundne Stofmængder pr. Rumfangsenhed af paagældende Jordart. Saaledes indeholder Tørven fra Gammelmose i Vægtprocent af den lufttørre Tørvemasse:

$CaCO_3$	= 0,55 %,	medens almindelig god muldet Agerjord kan antages at indeholde:	$CaCO_3$	= 0,50 % (meget vekslende)
P_2O_5	= 0,07 -		P_2O_5	= 0,05 - (opl. i Saltsyre).
K_2O	= 0,02 -		K_2O	= 0,10 - (opl. i Saltsyre).
N	= 0,64 -		N	= 0,08 -

Men da der i en Kubikmeter Tørvemasse kun er 72 Kg. lufttørt Stof, medens en Kubikmeter Agerjord kan anslaas til 1700 Kg., bliver Indholdet:

	1 Kubikmeter Tørv i Mosen:	1 Kubikmeter Agerjord paa Marken:
$CaCO_3$	0,40 Kg.	8,50 Kg.
P_2O_5	0,05 -	0,85 -
K_2O	0,01 -	1,70 -
N	0,46*) -	1,36 -

Man ser, at Analyserne angiver en Mangel i Tørvemassen af Kalk, Kali og Fosforsyre i Sammenligning med Mængden af disse Stoffer i Agerjord. Det er

*) Kvælstofmængden kan i andre Tørveprøver være 7—8 Gange saa store.

netop de Stoffer, som Dyrkningsforsøg i Praksis har vist er nødvendige ved Opdyrkning af Mosearealer.

Overgrunden.

De i det foregaaende nævnte geologiske Dannelser er de vigtigste Jordarter, der danner Undergrunden for den dyrkede Jord i Danmark. Af denne Undergrund er der som nævnt (S. 7) ved Forvitring og kemisk Omsætning mellem Mineralbestanddelene og ved Tilførsel og Indblanding af ny Stoffer stammende fra levende og døde Organismer opstaaet et mer eller mindre tykt Lag Overgrund, hvis øverste Del i den egentlig dyrkede og bearbejdede Jord (Havejord, Agerjord) er gaaet over til et Kulturlag (1. Bd. S. 96), medens dette Jordlag i vedvarende Græsmarker, i Enge og i Skovjorden dels staar paa Overgangen mellem Kulturlag og Jord i Naturtilstanden, dels maaske endnu er ren Naturjord.

Overgrundens Beskaffenhed kan være ret forskellig paa de forskellige Steder paa Grund af Underlagets Forskelligheder samt paa Grund af de forskellige Kræfter, der har medvirket ved Overgrundens Dannelse. Undergrundens Beskaffenhed er allerede blevet omtalt i det foregaaende, det staar nu tilbage at beskrive de forskellige Arter af Overgrund, der hyppigst forekommer, men inden dette sker, vil det være hensigtsmæssig at henvende Opmærksomheden paa de Kræfter, der bidrager til Overgrundens Dannelse.

Vejrsmuldring og kemisk Forvitring, der ved de fleste Jordarter indleder Dannelsen af Overgrunden, er allerede indgaaende omtalt under *den dynamiske Geologi* (1. Bd. S. 156—161).

Det gennemsivende Vand kan fra Overgrunden efter Omstændighederne bortføre store Mængder Stoffer, navnlig Kali og Kalksalte, som de S. 42 anførte Analyser af Drænvand viser. Som et andet ret oplysende Eksempel paa, hvorledes der gennem Vand kan bortføres store Mængder af Plantenæringsstoffer fra Jordbunden, kan følgende Undersøgelser af Vandet fra Gudenaa nævnes[26]). Vandføringen er ved Randers gennemsnitlig Aaret rundt vel 20 $M.^3$ pr. Sekund, altsaa omtrent 630 Millioner Kubikmeter aarlig. Da 100 Liter Vand opgives at indeholde $0{,}2$ Grm. Kali (K_2O) og 6 Grm. Kalk og Magnesia ($CaO + MgO$) i opløst Tilstand, vil den aarlige Vandmængde i Gudenaa bortføre fra sit Opland c. 1260 Ton Kali og 37 800 Ton Kalk og Magnesia. Da 3 Ton Kali har en Værdi af c. 1000 Kr.*), har de nævnte 1260 Ton Kali, som aarlig udvaskes af Jordbunden i Gudenaaens Opland, en Værdi af 420 000 Kr. Værdien af Kalitabet gennem alle Danmarks Vandløb

*) 100 Kg. 12% holdig Kainit koster omkring 4 Kr.

andrager derfor adskillige Millioner aarligt, hvoraf dog en Del vilde kunne indvindes ved at benytte Vandet til Overrisling.

De Forandringer, som Forvitringen og det gennemsivende Vand foranlediger, er nærmest, hvad man kan kalde Jordbundens Omdannelse ad uorganisk Vej. Vi maa derefter betragte den Betydning, Organismerne har ved Jordbundens Omdannelse til Overgrund.

Planterødderne foretager ved deres Indtrængen i Jordlagene forskellige mekaniske Forandringer ved at skyde Jorddelene til Side, me-



Fig. 5. Muldvarpeskud. Jægersborg Dyrehave.
(Efter Fot. af *S. Rørdam.*)

dens de trænger frem og vokser i Tykkelse. Dette sker med stor Kraft, saa at selv store Sten kan blive løftet til Vejrs og bragt ud af Leje. Ved at trænge ind i Stenenes Spalter kan Rødderne ogsaa, medens de vokser, sprænge Stenene itu. Naar Planterødderne dør bort, efterlader de Hulrum, hvorigennem Luft og Vand let kan trænge ned i Undergrunden. Man ser derfor ofte, at Jordlagene til en forholdsvis betydelig Dybde (1—2 M.) under Overfladen kan være forvitret og omdannet omkring de Kanaler, der er opstaaet paa de uddøde Planterødders Plads. Træer med et fladt udbredt Rodvæv kan ved at vælte om omflytte ret anselige Mængder Jord, der, naar Rødderne raadner bort, aflægges som en lille Høj, medens der paa Træets tidligere Plads bliver en Fordybning. Man har Eksempler paa, at saadanne Høje og Fordybninger frembragt af en af Stormen væltet Skov er blevet bevaret som et karakteristisk Træk i Terrænet gennem Aarhundreder paa Steder, hvor Jorden har ligget hen uden Dyrkning [37]).

Gravende og rodende Dyr kan bidrage betydeligt til Omlejring

af Jordbundens øverste Lag. Af højere Dyr er det under vore Forhold særlig Muldvarpen undertiden ogsaa Vandrotten, der spiller en Rolle i saa Henseende. Paa ikke bearbejdet Jord særlig paa tørrede Engarealer og tørlagte Mosestrækninger kan man om Foraaret se Jordbunden oversaaet med „Muldskud", hvorved Dele af Undergrunden bringes til Vejrs og aflægges paa Overfladen, saa at disse Dyr i Tidens Løb udfører en Art Kulegravning af Jorden. I den dyrkede Mark og i Skoven kan de forskellige Musearter i mindre Maalestok udføre et lignende Arbejde. Den herved stedfindende Jordblanding er ikke uden Indflydelse paa Jordbunden, og Hullerne i Jorden kan tjene som Adgangsveje for Vand og Luft til Undergrunden. I tidligere Tid frembragte i Skovegnene de i tusindvis løsgaaende Oldensvin ogsaa ved deres Roden en Del Omlejring af de øverste Jordlag, hvad der maa anses for at have haft en ikke helt uvæsentlig Indflydelse paa Skovens Trivsel[28]). I enkelte Egne udfører Grævlingen et noget lignende Arbejde, men i langt ringere Maalestok.

I Omegnen af Krasnoufinsk i Guvernementet Perm i Rusland spiller efter *A. Gordjagin's* Beskrivelse (1893) Myrerne en overordentlig stor Rolle. De forvandler Jordbunden indtil 43 Cm. Dybde til „en smaagrynet Jordmasse" og bidrager saaledes ganske væsentlig til Dannelsen af et Overfladelag, der er af stor Betydning for Plantevæksten.

Under andre Himmelstrøg virker andre Dyreformer paa lignende Maade. Saaledes er Steppegnavernes gravende Virksomhed overordentlig stor baade i den russiske og sibiriske Steppe og lignende Egne i Nord- og Sydamerika.

Den ogsaa her i Danmark bekendte amerikanske Naturhistoriker *E. Thompson-Seton*, der har givet mange udmærkede Skildringer af vilde Dyrs Liv, har med Forkærlighed gennem mange Aar studeret den Virksomhed, de forskellige Arter af *Geomys* eller *Gopher*-Gruppen udfolder ved Mulddannelsen over store Strækninger, særlig i de vestlige Egne i Nordamerika. *The Gopher*, som man savner et passende dansk Navn for, er Gnavere, der veksler fra en lille Kanins til en Markmus' Størrelse. De fører et underjordisk Liv, der minder om Muldvarpens i den gamle Verden, og findes i utallige Mængder baade i Prærieegnene og i Skovdistrikterne navnlig i Dakota, Montana, Minnesota og Wyoming. *Seton*, der er vel bekendt med *Ch. Darwin's* senere omtalte Undersøgelser over Regnormenes Betydning ved Mulddannelse, viser, at i Følge hans egne og andre Zoologers Undersøgelser mangler der Regnorme i disse Egne, men at de omtalte Gnavere i mange Henseender udfolder en ganske lignende Virksomhed ved Dannelse af et Lag muldet Overgrund. I de nævnte Egne findes trods Mangelen paa Regnorme overalt,

hvor der overhovedet kan gro Planter, et anseligt Lag af god Humus. Særlig i Manitoba kan denne muldede Overgrund naa en Tykkelse af 0,2—0,5 M. og bestaar af dekomponerede Plantedele i fuldkommen Blanding med Jordpartikler, og denne Overgrund skyldes i Hovedsagen Gopherarternes utrættelige gravende Virksomhed. Jorden er bedækket med opkastede Jorddynger, der kan indeholde flere Skæpper Jord, og Overfladen er fuldkommen undermineret af Gange. Som et Eksempel herpaa kan efter *Seton* meddeles et lille Kaart (Fig. 7). Det var en tilfældig valgt Strækning paa 24 Kvadratfod (2,2 M.²), som S. opmaalte i Sept. 1901 ved William River i Colorado. Jordbunden var bevokset med spredt Aspeskov og var i Sommerens Løb blevet gennemrodet og fuldstændig kulegravet af *the Pocket-Gopher.* Dyrenes Ekskrementer og de tilfældig overdækkede Plantedele danner tilsammen med den opkastede Jord et meget frugtbart om end noget uregelmæssig aflejret Muldlag. Træstammer og Sten, der henligger paa Jordoverfladen, bliver undermineret ved Dyrenes Arbejde samtidig med, at de overdækkes af den opkastede Jord, saa at saadanne Genstande snart synker ned under Jordoverfladen. *Seton* har som Middeltal af forskellige Iagttagelser fundet, at Jordoverfladen i de Egne, hvor *the Gopher* er i Virksomhed aarligt dækkes med et Jordlag paa c. 6 Cm.s Tykkelse, opstaaet af begravede Plantedele, Ekskrementer og opgravet Undergrund. Det er dog klart, at disse Graveres Virksomhed ikke vel lader sig forene med et ordnet Agerbrug, og *the Gopher* maa derfor fortrække, efterhaanden som Jorden tages under Plov. Maaden, hvorpaa Dyrene gnaver Gange og skyder den løsgravede Jord til Vejrs, fremgaar uden nærmere Beskrivelse af Fig. 8, der er en Gengivelse af en Skitse, som *Seton* har udført efter et nøje Studium af Dyrenes Liv [29]).

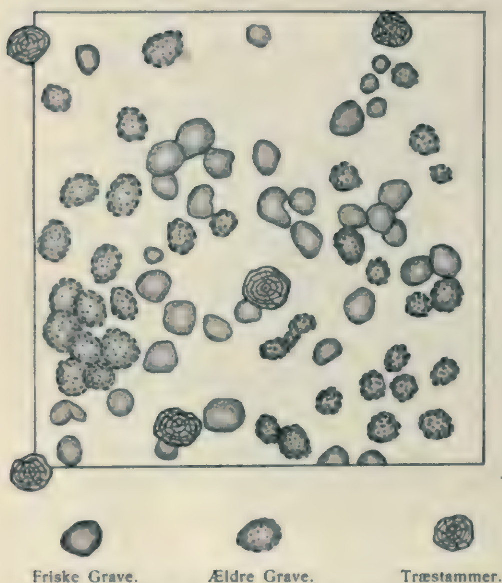


Fig. 7. Gopher-Grave paa 24 Kvadratfod. (Efter *E. Th.-Seton*).

Under Troperne er det særlig Myrerne, der besørger Sønderdelingen af det organiske Stof og Jorddækningen af de sønderdelte Mas-

ser*). I de mørke tropiske Skove paa fugtig Bund (fx. i Bagindien i Skovene langs Floderne) bliver hvert Blad og hver Kvist, der falder til Jorden, straks et Bytte for de gnavende Myrers talløse Hær. Selv mægtige omstyrtede Træer udhules og søndergnaves, og alt det smaatskaarne Materiale bliver af de samme eller andre Insektarter dækket med en Skorpe af smaa Jordklumper, som Dyrene anvender til at opmure deres overjordiske Passager og vidtudstrakte Tunnelbygninger med. Alt organisk Stof synker paa denne Maade hurtig ned og bliver jorddækket.

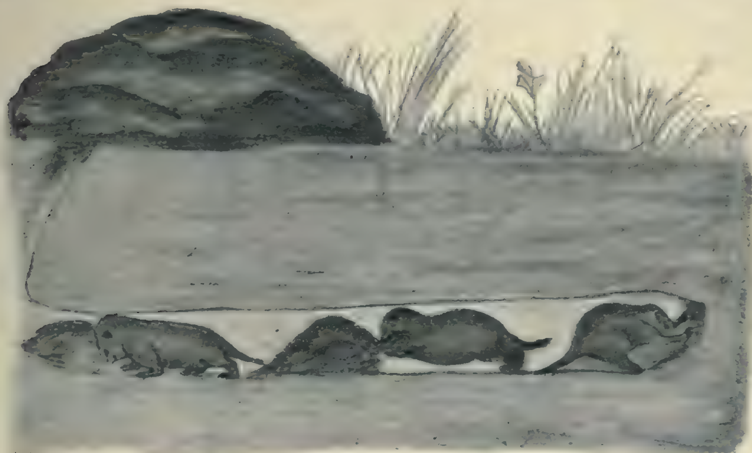


Fig. 8. *The Pocket-Gopher* i Virksomhed. (Efter *E. Th.-Seton*).

Andre Dyrearter deltager i dette Arbejde, saaledes bidrager de talrige Landkrabber i de fugtige Skove en betydelig Del hertil ved deres stadige graven Huller og Gange i Jorden. En saadan Jordbund er derfor rig paa Plantenæringsstoffer navnlig Kvælstof og overordentlig frugtbar. Den egner sig fortrinlig til Opdyrkning og opsøges ogsaa med Forkærlighed af de Indfødte til Havebrug, da den kan benyttes en Aarrække uden Gødning. Lignende Forhold finder Sted i Guinea, som *Millson* har eftervist. Der foranlediger Myrer og Termiter ved at sønderdele og jordblande de organiske Affaldsmasser, at Jordbunden dækkes med et Muldlag paa 25 Kg. pr. $M.^2$ aarligt, d. v. s. et Lag paa 12 Mm. Tykkelse.

I de tropiske Tørskove findes derimod kun ringe organisk Liv i Jordbunden, som derfor er næsten helt muldblottet. De tørre Blade skrumper ind og smuldrer hen uden at efterlade sig noget synligt Spor. Skønt en saadan Jordbund kan være rig paa de andre Plantenærings-

*) I visse Egne særlig paa Madagaskar udfører en alenlang og tommetyk Orm *Geophagus Darwinii*, som *C. Keller* har eftervist, et uhyre omfattende jordflyttende Arbejde.

stoffer, er den næsten helt blottet for kvælstofholdige Bestanddele, og den lader sig ikke benytte til Dyrkning uden en stærk Tilførsel af Staldgødning[30]) eller andre kvælstofholdige Gødningsstoffer.

Under polnære Forhold er Jordbunden i Reglen for kold og for vaad til, at der kan trives noget synderligt Dyreliv i den, selv om Lemmingarterne baade i Grønland, Skandinavien og i andre nordlige Egne flytter ikke saa lidt rundt med Materialet. Nogen egentlig Mulddannelse foregaar der dog kun undtagelsesvis i disse Egne, derimod spiller de sure Humusdannelser, som senere bliver nærmere omtalt, en ganske betydelig Rolle. Saaledes ses fx. i det nordlige Skandinavien og i Finland enhver større eller mindre Fordybning i Klipperne udfyldt med løse tørveagtige Jordlag, der bestaar af kun temmelig ufuldstændig humificerede Plantedele.

Under temperede Vejrlag spiller Regnorme en overordentlig stor Rolle ved Mulddannelsen navnlig paa ikke bearbejdet Jord. Spørgsmaalet er for Enge og vedvarende Græsmarker samt ogsaa for Havejords Vedkommende blevet undersøgt af *Ch. Darwin* i England og *V. v. Hensen* i Tyskland, medens *P. E. Müller* i Danmark har klaret Forholdene særligt for Skovjordbundens og Hedernes Vedkommende.

Ch. Darwin's første Undersøgelser: „*On the formation of mould*“ (om Mulds Dannelse) fremkom allerede 1837 i et engelsk geologisk Tidsskrift[31]), og efter mange Aars Undersøgelser og Forsøg afsluttede han i 1881 sine Iagttagelser over dette Emne gennem en stor Bog paa over 300 Sider om „*The formation of vegetable mould*“ (Dannelsen af Plantemuld)[32]).

Udtrykket *vegetable mould* el. Plantemuld har egentlig ikke nogen Borgerret i Dansk, hvor Muld er Fællesbetegnelsen for alle muldede Jordarter, hvad enten de er opstaaet ad naturlig eller kunstig Vej. I 1837 benyttedes Betegnelsen Plantemuld i England til at betegne det — som man da troede — ved Planters Virksomhed opstaaede naturlige Muldlag, der findes paa den af Ploven urørte Jord i Modsætning til den kunstigt frembragte Muld, som fandtes i Agerjord, og som væsentlig ansaas frembragt ved Dyrenes Gødning og derfor ogsaa undertiden kaldtes *animal-mould* (Dyremuld). Ved Darwin's Undersøgelser blev det klargjort, at disse Betegnelser ikke var rigtige. „Plantemuld“ er i Virkeligheden „Dyremuld“, en koprogen Jordart (1. Bd. S. 95) frembragt ved Regnormenes Virksomhed, medens Agerjordens Muldlag, som de iøvrigt ikke beskæftiger sig meget med, fortrinsvis kan skyldes tilførte Plantestoffer (Grøngødning og Strøelse i Staldgødningen), der bliver til Muld uden Regnormenes Hjælp.

Darwins Undersøgelser fra 1837 maa siges at høre til Jordbunds-

lærens klassiske Litteratur, og en lille Prøve skal derfor blive gengivet nedenfor. Ved dette som ved alle andre Æmner naar D. højt op blandt alle Forskere i den nyere Naturvidenskab ved sin overordentlig grundige Indgaaen paa alle Spørgsmaalets Enkeltheder og ved den strenge Følgerigtighed (logiske Konsekvens), hvormed han drager Resultaterne af sine Iagttagelser. Darwins Undersøgelser over Muldens Dannelse (1837) begynder omtrent paa følgende Maade*):

„Dannelsen af det øverste Jordlag — almindeligvis kaldet Plantemuld — frembyder nogle Vanskeligheder for Forstaaelsen, hvad der (hidtil) tilsyneladende er blevet overset. Selv om Mulden hviler paa forskelligartet Undergrund, vil den paa gamle Græsmarker**) være af omtrent ens Beskaffenhed paa de forskellige Steder for de øverste Tommers Vedkommende. Muldens mest karakteristiske Egenskab er Smaadelenes ensartede ringe Kornstørrelse (Finkornethed), hvad der let kan iagttages navnlig paa gruset Underlag, hvor en nylig pløjet Mark støder op til en, der længe har henligget urørt som Græsmark. I denne sidste vil man næppe kunne iagttage en eneste Sten hverken paa Overfladen eller i det øverste Jordlag, skønt Jorden i den tilgrænsende Pløjemark for en stor Del viser sig at bestaa af Smaasten. Paa Grund af den almindelig benyttede Betegnelse „Plantemuld“ kunde man maaske ledes til at tro, at Muldens Dannelse har noget at gøre med Planternes Virksomhed, men det er dog vanskelig at forstaa, hvorledes Dannelsen af Grønsvær kan frembringe en saa paafaldende Forskel i Jordbundsbeskaffenheden, som der fandtes i de omtalte to Marker.

Min Opmærksomhed blev henledet paa dette Spørgsmaal af Mr. *Wedgwood*, som, medens jeg opholdt mig paa Maer Hall i Shaffordshire, viste mig forskellige Marker, hvoraf faa Aar i Forvejen nogle var blevet bestrøet med Kalk, andre med brændt Mergel og Kulslagger. Paa alle Steder var disse Stoffer nu begravet noget under Grønsværen. I tre Marker gravede jeg paa forskellige Steder firkantede Huller og iagttog herved følgende: I nogle Græsmarker, som for omtrent 10 Aar siden var blevet kalkede uden senere at være pløjede, var Grønsværen eller det Lag, hvori Græsrødderne er tæt sammenvævede, omtrent $^1/_2$ Tomme tyk. $2^1/_2$ Tomme under Grønsværet eller omtrent 3 T. under Overfladen fandtes der en tydelig udpræget hvid Stribe, der var dannet af et Kalklag eller af en Række smaa Kalkklumper. Jordlaget under Kalklaget

*) Darwins Stil er meget tung, og hans Sætningsbygning lang og knudret, som om han skrev paa Tysk i Stedet for paa Engelsk. Hans Udtryk er derfor vanskelige at gengive paa tilfredsstillende Dansk uden Omskrivninger.

**) Hermed menes de engelske permanente Græsmarker, der sjældent eller aldrig bringes under Plov.

var gruset eller groft sandet og adskilte sig saaledes ret betydeligt fra Mulden nærved Overfladen. For c. 3 Aar siden var der yderligere blevet spredt Kulslagger (Kulaske) ud over denne Mark, men det var nu begravet en Tomme under Overfladen. Der var ikke Slagger nok til at danne et sammenhængende Lag, men man kunde tydelig se dem som en Stribe bestaaende af sorte Pletter, parallel med og over den før nævnte hvide Kalkstribe. Andre Kulslagger, som var blevet spredt over Marken for $^1/_2$ Aar siden, laa enten løse paa Overfladen eller var indfiltrede i Græsrødderne".

Darwin omtaler derefter flere lignende Forhold, hvor Lag af forskellige Ting (brændt Ler, Kulslagger m. m.), der var blevet udstrøet paa Jordoverfladen paa Græsmarker, i Løbet af nogle Aar var „sunket i Jorden" og blevet dækket med et mer eller mindre tykt Lag ensartet finkornet Muld. D. fortsætter dernæst paa følgende Maade:

„Den Forklaring af de anførte Forhold, som Mr. *Wedgwood* var den første, der kom i Tanker om, er uden al Tvivl rigtig, skønt den synes lidet værd at lægge Mærke til ved den første Betragtning (it may appear trivial at first), den gaar nemlig ud paa, at alt, hvad der foregaar, skyldes den almindelige Regnorms Fordøjelsesvirksomhed. Ved omhyggelig Undersøgelse af Jordbunden mellem Græsstraaene i de ovenomtalte Marker kunde jeg næppe nok finde en Strækning paa to Tommer i Kvadrat, hvor der ikke fandtes en eller anden lille Dynge af de omtalte cylindriske Udtømmelser, der hidrører fra Regnorm. Det er velbekendt, at Ormene, medens de graver sig Vej i Jorden, sluger Jordpartikler, som de, efter at have optaget de Stoffer, der tjener dem til Næring, atter udkaster ved Indgangen til deres Huller som smaa indvoldformede Dynger. Disse bevarer delvis deres Form, indtil Regn og Tø om Vinteren spreder Bestanddelene jevnt ud over Jordoverfladen. Da Ormene ikke er i Stand til at sluge grovere Bestanddele, vil altsaa kun den finkornede Jord, som ligger mellem den brændte Mergel mellem Kalkslaggerne eller Kalken, langsomt blive flyttet op til Overfladen. Denne Antagelse beror ikke paa nogen Indbildning, da jeg i Marken, hvor Kulslaggerne var blevet udstrøet for et halvt Aar siden, selv saa Ormeekskrementer dynget op over de mindre Slaggestykker. Virksomheden er heller ikke saa ringe, som man maaske ved et flygtigt Blik kunde tro. Enhver, der har gravet i en Græsmark, maa være klar paa, at det meget store Antal Orm, der findes, maa være i Stand til at udføre et stort Arbejde, selv om Resultatet af den enkelte Orms Gerninger kun synes ringe. Det vil derfor være vanskelig at benægte, at enhver Jordpartikel, der danner det umiddelbare Underlag for Græstørven i gamle Græsmarker, har passeret en Orms Fordøjelseskanal. Derfor vilde Dyremuld (*animal mould*) i visse

Henseender være en mere passende Betegnelse end Plantemuld (*vegetable mould*) for saadan Jord. Jeg kan slutte med at bemærke, at Landmanden ved at pløje Jorden følger en med Naturforholdene ganske stemmende Fremgangsmaade. Uden dog at være i Stand til at begrave alle Smaasten og at skille al Finjorden fra de grovere Bestanddele efterligner Landmanden nemlig ved sit Arbejde den Virksomhed, Naturen selv daglig udfører ved Regnormenes Hjælp."

I sin store før omtalte Afhandling „Om Dannelsen af Plantemuld ved Regnormes Virksomhed" (1881) anfører Darwin meget udførligt en stor Mængde andre Eksempler paa, hvorledes Ormene kan undergrave Genstande, der henligger paa Jordens Overflade, og saaledes i Tidens Løb bringe Træstammer, større og mindre Sten og Murværk, der ikke er dybt funderet, til at synke, samtidig med at Regnormene forhøjer Jordsmonet langs Genstandens Sider ved at opdynge deres Ekskrementhobe langs Siderne eller ovenpaa Genstanden, hvis de kan naa saa højt op.

Om selve Regnormenes Liv kan efter *Darwin* anføres følgende[33]): Regnormene staar paa et temmelig lavt Trin i Dyreriget, deres Bygning er ikke meget indviklet, deres cylindriske Legeme er ved Indsnøringer delt i fra 100—200 Ringe eller Led, der hver bærer fire Par korte Børster, dog med Undtagelse af det første, hvori Munden, og det sidste, hvori Gattet findes. Børsterne tjener dem ved Bevægelsen, der synes at kunne ske lige let saavel fremad som tilbage. De mangler Øjne, men deres forreste Ende, der indeslutter den Nerveknude, der repræsenterer Hjernen, er dog i Besiddelse af en vis Lysfornemmelse; thi naar der om Natten rettes et kraftigt Lys paa den forreste Del af deres Legeme, trækker de sig enten straks eller efter kort Tids Forløb tilbage til deres Rør i Jorden. Denne Lysfornemmelse hjælper dem til at skelne imellem Dag og Nat og til herved at kunne undgaa Dagdyrenes Efterstræbelser. Regnormene er nemlig Natdyr, — om Dagen hviler de i deres Rør i Jorden, om Natten kryber de omkring og søger deres Føde; hyppigst sidder de med Bagenden befæstet i Mundingen af deres Rør og eftersøger med Forenden Jorden indenfor deres Rækkevidde; foruroliges de, trækker de sig øjeblikkelig tilbage i deres Rør. Regnormene synes ikke at lade sig paavirke af svage Lysvirkninger, thi Darwin har om Natten belyst dem med Lygter af mørkfarvet, rødt eller blaat Glas, uden at de paavirkedes deraf, og han angiver dog, at Lyset var omtrent saa stærkt som Fuldmaanens. Hermed staar det vel i Forbindelse, at man paa Graavejrsdage hyppig kan træffe Regnormen i Virksomhed over Jorden.

Ovennævnte Forsøg over Regnormenes Lysfornemmelser har Darwin anstillet med Regnorme, som han holdt i Urtepotter, i hvis Jord de havde boret deres Rør.

Regnormene besidder ingen Hørelse, de lod sig ikke paavirke, selv i deres umiddelbare Nærhed, af en Metalpibes gennemtrængende Lyd, ej heller ved Skrig, naar ikke Luftbevægelsen herved direkte paavirkede dem. Darwin kunde sætte en Urtepotte med tvende Regnorme paa et Bord ved Siden af et Klaver, uden at disse lod sig paavirke, selv af de stærkeste Anslag paa Klaveret; naar derimod Urtepotten blev stillet paa Klaveret, saa trak de sig, selv ved et svagt

Anslag, hurtig tilbage i deres Huller; de lod sig paavirke af de Svingninger, som fra Instrumentet forplantede sig igennem Jorden i Urtepotterne, altsaa ikke af Lydbølgerne i Luften, men kun af Svingningerne i de faste Legemer.

Darwin kunde slaa paa Jorden, hvor der var mange Regnorme, uden at disse kom frem, men naar han gennemrodede Jorden noget under Regnormene, da kom de hurtig frem paa Overfladen. Hermed staar i Forbindelse, at man hyppig ser Regnormene komme frem paa Jordens Overflade, naar deres værste Fjende, Muldvarpen, skyder sine Skud. Hele Regnormens Legeme er meget følsomt for Berøring, ja selv et let Luftpust fra ens Mund bringer Ormen til hurtig at trække sig tilbage i sit Rør; for Berøringen af en anden Regnorm er den ikke ømfindtlig.

Deres Lugtesans er efter flere Iagttagelser meget svag, men den synes dog ikke helt at mangle, thi man tror, at den herved kan opsøge stærkt lugtende Næringsmidler.

Regnormenes Smag synes derimod at være vel udviklet, thi de vrager enkelte Bladstykker af en Plante fremfor en anden, ja Darwin anfører, at Regnorme, der særlig ynder Kaalblade, er i Stand til at sondre imellem forskellige Varieteter heraf. Bladstykker med en skarp Smag, som f. Eks. Timian, lader de urørte.

Regnormene sluger foruden Plantedele tillige en betydelig Mængde Jord og uddrager Næring af de organiske Stoffer, der findes i denne. De friske eller halvvisne Plantedele, som Ormene har til Hensigt at fortære, trækker de ned i deres Rør i en Dybde af 1—3 Tommer, og overgyder dem med en alkalisk Fordøjelsesvædske, som de afsondrer. Denne Væske virker dræbende og affarvende paa de friske, grønne Plantedele, og efter 12 Timers Forløb har de antaget en brun Farve og er blevet skøre. Plantedelenes Stivelse opløses ved denne Væske, og Æggehvidestofferne paavirkes ligeledes. En Overgydelse med denne Væske har altsaa en Art Fordøjelse til Maal — udenfor Ormenes Tarmkanal. Darwin angiver, at dette er det eneste Tilfælde, der kendes, hvor der hos Dyrene fore gaav en Art Fordøjelse udenfor Tarmkanalen. Af Bladene, der trækkes ned i Rørene, fortærer Regnormene kun Bladkødet, de sejere Dele, Ribberne, lader de tilbage; de skeletterer kun Bladene.

Regnormene borer sig et Hul eller Rør i Jorden, hvori de opholder sig om Dagen. Maaden, hvorpaa de udborer et saadant, er forskellig og retter sig efter Jordens Beskaffenhed. I den løse Jord borer Regnormene sig ned, d. v. s., de borer deres forreste, tynde Ende ned imellem de større Jordbestanddele, og ved nu at fortykke Forkroppen, presser den disse til Side og udvider paa den Maade Røret. Darwin iagttog, at en Regnorm i Løbet af 2—3 Min. borede sig ned i en løs Agerjord; i et andet Tilfælde, hvor Jorden i en Urtepotte var jævnt sammentrykket, varede det 15 Min., inden Regnormene havde boret sig ned imellem Pottens Væg og Jorden; i en leret, sammentrykket Jord varede det omtrent 40 Min. I disse Tilfælde slugte Regnormen ingen Jord. I en Urtepotte med fint, jernholdigt Sand, der var gjort fugtigt og stærkt sammentrykket, varede det over 26 Timer, forinden en Regnorm fuldstændig

havde nedboret sig, og i dette Tilfælde havde den ikke nedboret, men ædt sig igennem Sandet; thi den afgav under Nedboringen, og efter at den var forsvundet i Sandet, Ekskrementer af samme Beskaffenhed som Sandet. Andre Forsøg viste ogsaa, at Regnorme kunde æde sig igennem et Lag af 23 Tommer Sand, da deres Ekskrementer bestod ikke alene af dette Sand, men af Muldjord, der befandt sig under Sandlaget. Paa et Sted, hvor Undergrunden var Kridt, bestod Regnormeekskrementerne næsten udelukkende heraf. At Regnormene ikke i disse Tilfælde har slugt Jorden for at drage Næring af den, men for at udbore sig et Rør, er indlysende; thi hverken Sandet eller Kridtet indeholdt Næring. Det er sandsynligt, at Regnormene kan bore sig ned i de øverste, løse Jordlag, men senere maa æde sig ned i Undergrunden.


Fig. 9. Snit gennem frossen Jord med Regnormegange.

Endskøndt Regnormene for det meste opholder sig nær Overfladen, i Muldjorden, naar dog deres Rør ned til en betydelig Dybde. Saaledes er en Dybde af 1—2 M. almindelig og nogle Steder er Rørenes Længde c. 3 M. Røret gaar ofte lodret ned i Jorden, undertiden løber det lidt paa skraa; det er for det meste udfodret med mørkfarvet Jord, der hidrører fra Regnormens Ekskrementer, som den har afsat paa Rørets Vægge. Denne Udfodring er i Begyndelsen klæbrig, men naar den med Tiden bliver tør, bliver den haard og glat, og Beklædningen af Væggene fremmer da i høj Grad Ormens hurtige Bevægelse, samtidig med at den styrker Væggene. Den øverste Del af Røret er i en Dybde af 5 Cm. beklædt med Bladrester, og det maa antages, at det er for ikke at komme i Berøring med den fugtige, kolde Jord, at Regnormene her har beklædt Røret med Blade, da de hyppig opholder sig der. Rørets nederste Del ender hyppig i en lille Hule eller et Kammer, der er beklædt med Smaasten, Frøskaller el. lign.; her tilbringer Regnormen i sammenrullet Tilstand Vinteren samt den varmeste Tid af Sommeren. Rørets Aabning tilstopper Regnormen med Blade, Bladstilke, Smaapinde o. lign., som den griber og trækker ned i Røret; de nederste Dele af Bladene fortærer den, men det synes dog, at denne Tilstopning af Røret har en anden Betydning end Ernæringen, thi naar Regnormen ikke kan faa

fat paa saadant Materiale, tager den til Takke med Smaasten, som den, idet den fastholder sig med Bagenden i Røret, suger sig fast til med sin Mund og saaledes trækker hen til Røraabningen. Tilstopningen af Rørets Aabning skyldes maaske den Aarsag, at Regnormene, der gerne ligger her, paa denne Maade søger at undgaa Fuglenes Efterstræbelser, eller maaske vil de derved undgaa kolde Luftstrømninger. En saadan lille, struttende Busk af Kviste eller Bladstilke paa Jorden antyder altsaa Tilstedeværelsen af et Regnormerør, men ogsaa ved den store Ophobning af Ekskrementer, der findes der, røber Regnormen sin Nærværelse. Naar Regnormen har slugt et betydeligt Kvantum Jord, enten som Næring eller for at udhule sig et Rør, kommer den frem til Overfladen og udtømmer sine Ekskrementer. Disse er i Begyndelsen klæbrige, da de er blandet med Fordøjelsesvædske, men naar de bliver tørre, danner de haarde Klumper. Enkelte Regnorme i Syden opbygger om deres Røraabning taarnlignende Ekskrementhobe af 10—15 Cm. Højde og af 5 Cm. Gennemsnit; disse er da en umiddelbar Fortsættelse af Røret. Denne Jord, der i Form af Regnormeekskrementer er aflejret paa Jordens Overflade, adskiller sig fra den oprindelige Jord (Underlaget) ved, at den bestaar af en fin, muldblandet Jord, fri for Smaasten, medens den naturlige Jordbund i Regelen er blandet med større Sten, som det vilde være umuligt for Regnormen at sluge. De egentlige Muldbestanddele i Jordbunden er nøje blandet med det uorganiske Materiale, da de organiske Stoffer og de slugte Jordbestanddele i Regnormens Fordøjelseskanal meget intensivt blandes sammen og findeles, hvorved de slugte grovere Sandkorn og Smaasten tjener som Knusemidler. Af Regnormeekskrementerne opstaar derfor ved yderligere Formuldning den fine, velblandede, grynede Humusjord. Den Mængde Jord, der paa denne Maade kan aflejres paa Overfladen, kan aarligt udgøre et Lag paa 5 Mm. Tykkelse, og kan paa gunstige Steder stige til 30—40000 Kg. pr Hektar aarligt.

Endnu førend *Ch. Darwin's* ovenomtalte store Arbejde var udkommet, havde *V. Hensen* i Kiel offentliggjort en lille men indholdsrig Afhandling om Regnormenes Betydning for Jordbundens Frugtbarhed[34]). Hensen viser, hvor fejlagtig den da gængse Anskuelse var om Regnorms Skadelighed i Haver og paa Marker, hvor man mente, at de ødelagde de dyrkede Planter ved at afbide de fine Rødder. Regnormene var ikke alene ganske ude af Stand til at udføre en saadan Gerning, men gjorde tvertimod overordentlig Nytte paa forskellig Vis. H. havde navnlig Opmærksomheden henvendt paa den Betydning, som Regnormenes Huller har som lette Passager for Planterødderne, der gennem disse Huller kan søge ned i Undergrunden, samt den større Virksom-

hed som de udfolder som „Gødningsspredere“ ved at fastholde og fordele den naturlige Gødning, d. v. s. Planternes Affaldsprodukter.

P. E. Müller's „Studier over Skovjord“ 1. Del udkom (1878) ogsaa førend Darwin's større Afhandling, og gennem flere senere Arbejder uddybede M. de rejste Spørgsmaal med en lang Række selvstændige Iagttagelser og Undersøgelser, hvorved han ikke alene fik klarlagt den Betydning, Regnormene har for Dannelsen af Muld i Skovbunden, men ogsaa nærmere undersøgte de andre Humusformer nemlig Moren, der dannes uden Regnormenes Medvirken saavel i Skove som paa Heder[35]).

Müller sammenfatter selv (i 1894) Hovedresultaterne af sine Undersøgelser omtrent med følgende Ord:

„I 1878 blev det paavist, at Humusdannelsen i vore Bøgeskove foregaar paa en ganske anden Maade, hvor Regnormene forekommer talrigt, end hvor de enten mangler eller kun er sparsomt tilstede, og i 1884 udvidedes disse Iagttagelser til andre Skovformer og til Hederne. Det fremgik som almindelig Resultat af disse Undersøgelser, at det organiske Livs Affald, hvor Regnormenes Virksomhed er stor, dekomponeres under Blanding med den mineralske Jord, hvorved frugtbare Muldformer opstaa. Hvor Regnormene derimod mangle, forblive Vegetationens Affaldsmasser liggende ovenpaa den egentlige Jord og give Anledning til Dannelser af de mere eller mindre tørveagtige, paa Humussyre rige Morformer. Disse to Hovedgrupper af humøse Aflejringer udmærke sig ved ganske forskellige Vegetationer; for Mulden er *Asperula odorata* (alm. Skovmærke) den fornemste Karakterplante, for Moren *Trientalis europæa* (Skovstjerne) med nogle Ledsagere, og denne Morvegetation ender almindeligvis, tidligere eller senere med en ren Hedevegetation, i hvilken *Calluna vulgaris* (Hedelyng) er den overvældende Karakterplante.“

M. viser, hvorledes Regnormene foruden at hjælpe til ved Mulddannelsen paa anførte Maade tillige ved at løsne Overgrunden under deres idelige Roden i Jorden bereder Jordbunden saaledes, at der kan trives et helt ejendommeligt Plantesamfund af saakaldte *Rhizomplanter*, d. v. s. Planter med underjordisk Stængel. Regnormene „hypper“ disse Planter ved at aflægge deres Ekskrementhobe op langs med og ovenpaa disse Plantedele, saaledes at Jordstænglerne derved tilsyneladende synker ned i Jorden. Som nogle enkelte af disse Planter kan foruden den nævnte Karakterplante for Mulden i Skoven — Skovmærke — nævnes Skovsyre, Anemoner, Lærkespore, Konvaller m. fl., men den nærmere Omtale af disse biologiske Forhold maa overlades til andre.[36])

Efterat det saaledes ved Ch. Darwin's, V. Hensen's og P. E. Müller's Iagttagelser i Naturen var blevet eftervist, hvor stor Betydning Regn-

ormene havde ved Mulddannelsen, er Spørgsmaalet blevet studeret nærmere ved Laboratorieundersøgelser af andre. *Wollny* har saaledes talmæssig vist, hvormeget Jordens Porefylde kan forøges ved Regnormenes Arbejde. I to ligestore Kar anbragte han ligestore Mængder af finsigtet, humusholdig Agerjord. Det ene Kar henstod urørt som Kontrolkar, i det andet anbragte W. 5 store Regnorme. Efter 6 Ugers Forløb havde Jorden i Ormekarret antaget en fuldstændig grynet Tilstand, og Rumfanget var betydelig forøget:

Karret uden Orm indeholdt.....	232,3 $Cm.^3$	Jord
Ormekarret —	296,2	—

Forøgelsen i Rumfang ved Ormenes Virksomhed i 6 Uger var altsaa 27,5 %.[37])

Da Regnormene ved Arbejdet i Jorden forøger dens Porefylde, bliver den altsaa langt lettere passabel for Luft og Vand, og dette har igen stor Indflydelse paa den kemiske Omdannelse af saavel de organiske som uorganiske Stoffer i Jordbunden. *Wollny* fandt saaledes, at Jord, hvori Regnorme havde arbejdet fra Maj til Oktober i Sammenligning med et Kontrolkar uden Orme lod følgende Luftmængder passere igennem sig i Løbet af en Time (med 40 Mm. vandmaalt Overtryk):

Jord uden Orm	3,6 Liter
- med -	430,6 -

Og Welitschowsky fandt lignende Forhold for Vandledningsevnen. Vandtransport pr. Time med 50 Cm. Overtryk:

Jord uden Orm	293 $Cm.^3$
- med -	740 -

Talstørrelserne kan selvfølgelig veksle meget efter Omstændighederne, men giver et anskueligt Udtryk for den store Betydning, Ormenes Arbejde har ved at løsne Jorden. Herved bliver som nævnt adskillige kemiske Omsætninger fremmet i betydelig Grad, saa at de i Jorden værende Planteernæringsstoffer derved bliver opløseliggjort. *Wollny* har ogsaa vist dette talmæssigt. I Kontrolkarret fandtes nedenangivne Mængder vandopløselige Mineralstoffer og Kvælstof i vandopløselige Forbindelser (Ammoniaksalte og Nitrater). En ligesaa stor Jordmængde af samme Art blev ligesom før bearbejdet af Regnormene og derefter analyseret ligesom Kontrolkarret. Derved fandtes:

	Opl. Kvælstof	Opl. Mineralstoffer
Jord uden Orm	0,325 ‰	0,327 ‰
- med -	0,385 ‰	0,867 ‰

Som allerede *Darwin* gjorde opmærksom paa 1837 er den Omdannelse af Jordbundens øverste Lag, der af Agerdyrkeren foretages ved Jordbundsbearbejdning, Tilførsel og Nedbringen af Gødning i mange Henseender af samme Art som den, der foregaar paa naturlig Maade ved Regnormenes og de andre ovenfor omtalte Dyreformers Virksomhed ved at gennemrode Jordbundens øverste Lag, findele og nedgrave Planteaffaldet. Den kunstig dannede Muld paa Agerjord er derfor ogsaa nærstaaende ved den naturligt dannede Muld. Som omtalt S. 63 fremhævede Darwin som en af de største og vigtigste Iagttagelser Muldens Ensartethed paa forskellige Steder og dens tilsyneladende Uafhængighed af Undergrundens vekslende Beskaffenhed. Regnormenes ensartede Arbejde frembringer altsaa en ensartet muldet Overgrund, selv om Undergrunden er ret forskellig. Det samme kan om end i mindre Grad siges om Agerdyrkningen, naar der gaas frem paa samme Maade. Ved Bearbejdning og Gødningstilførsel skabes der i Tidens Løb et ensartet Muldlag paa helt forskellig Undergrund. I endnu mere intensiv Grad sker dette ved gartnerisk Dyrken af Jorden.

Dette kan talmæssigt vises ved nogle Analyser af Muld og Undergrund fra Marken ved Lyngby Landboskole. Til Oplysning om Muldens Beskaffenhed blev udtaget tre Prøver U_4, T_3, X_2, hvor Sandsynligheden talte for, at Jorden gennem Tiderne havde været underkastet samme Behandling. Ved alle tre Prøver er Undergrunden i 2 M. Dybde Morænemergel men af stærkt vekslende Sammensætning navnlig hvad angaar Mængden af Calciumkarbonat. Resultaterne af Analyserne var følgende:

Morænemergel i 2 M. Dybde under Overfladen.

Finjorden indeholder:	U_4	T_3	X_2
Kvarts og uopl. Silikater...	53,12 %	63,75 %	71,16 %
Opløselige Silikater	14,59 -	18,18 -	11,71 -
Karbonater	32,69 -	18,40 -	11,47 -
	100,40 %	100,33 %	99,64 %

Muld i 15 Cm. Dybde under Overfladen.

Finjorden indeholder:	U_4	T_3	X_2
Kvarts og uopl. Silikater...	84,12 %	84,80 %	84,09 %
Opløselige Silikater	13,37 -	12,93 -	11,69 -
Karbonater	0 -	0 -	0,16 -
Humus	2,97 -	2,43 -	3,70 -
CaO bundet til Humussyre	0,25 -	0 -	0 -
	100,71 %	100,16 %	99,64 %

Skønt Moræenemergelen, der danner Underlaget, altsaa er temmelig forskellig i sin Sammensætning paa de forskellige Steder, er ikke desto mindre Muldlagene, der er opstaaet af Morænemergelen, særdeles ensartet sammensat. En af Grundene hertil er den S. 48 beskrevne Forvitring af Morænemergelen i de overfladiske Lag, men Hovedgrunden er dog Agerbruget, der ved at behandle Jordlagene paa samme Maade med Hensyn til Findeling, Omblanding og Tilførsel af Gødning har frembragt de ensartede Muldlag af den uensartede Undergrund.

I den naturlige Jordbund bidrager altsaa de forskellige omtalte Dyreformer i meget væsentlig Grad til at findele de organiske Stoffer i Overgrunden, og ved Jorddyrkningen udfører Mennesket som nævnt en ganske lignende Virksomhed overfor Kulturjorden. Men det er dog væsentlig en mekanisk Findeling og Fordeling af Stoffet, der herved foretages, den egentlige kemiske Omdannelse af det organiske Stof i Jordbunden foregaar ved Bakteriernes og Gærsvampenes Hjælp. Førend vi gaar nærmere ind her paa, vil det dog være ønskeligt at betragte fra et kemisk Synspunkt de Stoffer, som giver Oprindelse til Humusstofferne og ligeledes, saa vidt det lader sig gøre, faa en Oversigt over de sidstnævnte Stoffers Natur. Der maa derfor indskydes et særskilt Kapitel herom.

Humusstofferne.

Planter og Dyr bestaar af et overordentlig stort Antal organiske Forbindelser og et ringe Antal uorganiske Stoffer.*) Disse sidste, de saakaldte Askebestanddele, kan vi i denne Sammenhæng foreløbig se bort fra og alene holde os til de organiske Forbindelser. Deres Antal er som nævnt overordentlig stort, men de kan for Oversigtens Skyld deles i 3 store Grupper: Kulhydrater (Sukkerarterne, Stivelse, Cellulose**) m. fl.), Fedtstoffer (Forb. af Glycerin med organiske Syrer) og Proteïnstoffer eller Æggehvidestoffer. Mange andre Stofgrupper forekommer, men de nævnte tre Grupper er i kvantitativ Henseende langt de vigtigste. De to første Grupper bestaar af Kulstof, Brint og Ilt, den sidste Gruppe, Proteïnstofferne, indeholder foruden Kulstof, Brint og Ilt ogsaa Kvælstof og smaa Mængder Fosfor, Svovl m. m.

Kulhydraterne, Fedtstofferne og Proteïnstofferne i de til Jorden faldende Brudstykker eller Affaldsprodukter af Planter eller Dyr kan ved Mikroorganismernes Indflydelse undergaa mangfoldige Omdannelser, hvoraf

*) De uorganiske Stoffer er for Størstedelen til Stede som Dele eller Led i de organiske Forbindelser, men bliver ved Forbrænding af Kulstofforbindelserne tilbage som Aske, d. v. s. rent uorganiske Forbindelser.

**) Cellulose forekommer væsentlig kun i Planteriget.

vi i det følgende skal beskæftige os med nogle af de vigtigste, der særlig vedrører de organiske Stoffers Forhold overfor Jordbunden.

De Omdannelser, de organiske Stoffer lider ved Mikroorganismernes Indflydelse, ligner i store Træk de kemiske Omdannelser, som foregaar i de organiske Stoffer, naar de opvarmes og forbrændes. Det er altsaa i Hovedsagen en Iltning, men denne Iltning kan foregaa dels ved Hjælp af Luftens fri Ilt, dels paa Bekostning af den i selve Stofferne værende bundne Ilt, ganske paa samme Maade som der kan foregaa en Forbrænding i fri Luft eller en Forkulning i et for Luften afspærret Rum (tør Destillation). Naar fx. et Stykke Træ ophedes tilstrækkelig stærkt under Luftens Adgang, gaar der Ild i det, og det vil ilte sig ved Hjælp af Luftens Ilt, saaledes at Kulstoffet bliver til Kulsyre og Brinten til Vand. Muligt tilstedeværende Kvælstof gaar bort som frit Kvælstof, medens de uorganiske Bestanddele bliver tilbage som Aske. Det er en Proces, der foregaar i en Hast under stærk Varmeudvikling. Under mindre energisk Varmeudvikling (uden Ildfænomen) vil en kemisk set ganske lignende Proces foregaa med et Stykke Træ, naar det henligger paa Jordens Overflade; der kan maaske hengaa lang Tid, men til Slut vil ogsaa paa denne Maade Kulstoffet blive til Kulsyre og Brinten til Vand, medens Askebestanddelene, der bliver tilbage, snart bortskylles og forsvinder i Jordbunden (smlg. dog Afsnittet om Forsteninger 1. Bd, S. 88). Ophedes derimod et Stykke Træ i et lukket Rum, „forkulles“ det, samtidig med at der udvikles flydende og luftformige Destillationsprodukter. Forkulningen kan efter Omstændighederne gaa saa vidt, at al Ilt, Brint og Kvælstof er uddrevet, og kun en Del af Kulstoffet bliver tilbage som sort Trækul, men den kan ogsaa være mindre energisk, saa at der bliver „brunt Kul“ tilbage, d. v. s. et brunfarvet Stof, der foruden Kulstof endnu indeholder noget Brint og Ilt. De flydende og luftformige Destillationsprodukter er dels Vand, dels Forbindelser af Kulstof og Ilt: Kulsyre og Kulilte —, af Kulstof og Brint: Methan og andre Kulbrinter — og af Kulstof, Brint og Ilt: Alkoholer, Fenoler, Syrer (fx. Eddikesyre). Findes der kvælstofholdige Forbindelser i Stoffet, bliver Kvælstoffet ved energisk Opvarmning frigjort som Ammoniak, men ved mindre energisk Fremgangsmaade bliver de tilbageblivende Kul kvælstofholdige. En meget lignende Proces, men langsommere og mindre energisk i sit Forløb, foregaar, naar Plantedele eller dyriske Levninger henligger uden Luftens Adgang enten saa tæt sammenlejret, at Luftens Ilt ikke kan komme til, eller opbevaret under Vand, hvor Ilttilgangen ogsaa er stærkt begrænset (smlg. 1. Bd. S. 227, 2. Bd. S. 186). De organiske Rester bliver mørkfarvede og omdannes til sure Humusstoffer, der, hvis de oprindelig indeholdt Proteïn, nu indeholder Kvælstof i

simplere, men dog endnu ret komplicerede Forbindelser (Cyanforb, Amider, Aminer m. m.), samtidig med at der udvikles Luftarter, saasom Kulsyre, Methan, tildels ogsaa Aminer, Ammoniak, Svovlbrinte, Fosforbrinte m. m. I Naturen er det dog sjældent, at man har disse to forskellige Processer — Iltningen med Luftens Ilt og den sure Gæring — ganske adskilt, i Reglen er ganske vist enten den ene eller anden Proces den særlig fremherskende, men den anden kan ogsaa delvis foregaa samtidig, eller nogle af Stofferne i Organismen omdannes paa den ene Maade, andre paa den anden.

De brune eller sortebrune Stoffer, der opstaar ved de organiserede Stoffers Omdannelse i Jorden eller under Vand, kaldes Muldstoffer eller Humusstoffer. En Tid lang ansaa man Humusen i Jordbunden som den vigtigste Plantenæring, som det egentlig frugtbargørende Element, men det viste sig ved nærmere Undersøgelse, at denne Anskuelse ikke kunde opretholdes. Planterne kan ikke absorbere Humusstof og kan meget vel trives i en Jordbund (eller i Vand), der er fuldstændig blottet for Humus. De egentlig plantenærende Stoffer er af helt anden uorganisk Art og vil blive nærmere omtalt i det følgende. Ikke desto mindre har Humusstoffernes Art og Tilstedeværelse i Jordbunden stor Betydning for Jorddyrkningen. Ved deres mørke Farve faar de Indflydelse paa Jordens Evne til at indsuge og udstraale Varme, ved deres mekaniske Indblanding i Jorden faar de stor Indvirkning paa Jordens fysiske Beskaffenhed og kan kemisk paavirke baade Over- og Undergrund, samtidig med at de forøger Jordbundens Porefylde og dermed dens luft- og vandholdende Evne. Tillige er Humusstofferne i Besiddelse af en høj Absorptionsevne for adskillige af de egentlig plantenærende Stoffer. Det vil derfor være ønskeligt paa Grund af Humusstoffernes store Betydning og Udbredelse i Overgrunden at give en Oversigt over, hvad man kender til disse Stoffers Kemi. Det er et Emne, der har beskæftiget adskillige af de mest bekendte Kemikere til forskellige Tider, men til Trods herfor hersker der endnu megen Uklarhed over de naturlige Humusstoffers egentlige kemiske Sammensætning. Dette beror for en væsentlig Del paa, at det ikke er muligt tilstrækkelig nøje at kunne individualisere de forskellige Humusstoffer. Man har hidtil kun kunnet fremstille dem som Kolloider, og i denne Tilstand er det ikke let at afgøre, om det er et enkelt foreliggende Stof, man har at gøre med, eller det er en Blanding af to eller flere Stoffer.

Ved de naturligt forekommende humusholdige Stoffer har man Blandinger af mange forskellige kemiske Forbindelser. I naturlige Humusstoffer som formuldet Træ, Tørv, Muldjord o. lign. kan man finde dels endnu helt uforstyrrede Plantestoffer som fx. Cellulose, dels Stoffer, der

staar Stofferne i den levende Organisme nær (Harpiks m. m.), men dog er undergaaet nogen Forandring, dels ogsaa Stoffer, der ved deres mørke Farve og andre Forhold maa siges at være virkelige Humusstoffer. Dette kan oplyses ved nogle Eksempler:

Af Tørv og formuldet Fyrretræ har *J. G. Forchhammer* med Vinaand udtrukket flere tildels vel krystalliserende harpiksagtige Stoffer, som han gav forskellige Navne[38]). De staar Harpiksarterne i de levende Plantedele nær, men er dog næppe identiske med dem, men har undergaaet en mindre gennemgribende Omdannelse.

Af leret Agerjord fra Nord-Dakota har *O. Schreiner & E. C. Shorey* med Vinaand udtrukket et farveløst vel krystalliseret Stof *Agrosterin*[39]). Det smelter ved 237 ^{0} og giver de for Cholesteringruppen karakteristiske Reaktioner. Det er ligesom de i forskellige Plantedele og dyriske Organer forekommende andre Led af denne Gruppe (Cholesterin, Phytosterin) et „uforsæbelig Fedtstof“ (d. v. s. Alkoholart), men dog ikke helt af samme Sammensætning som de fra Organismerne kendte Stoffer.

I naturlige Humusstoffer af ret forskellig Oprindelse, saaledes i formuldet Egetræ, formuldet Fyrretræ, i „Gytje“ fra forskellige Steder, i „Sortjord“ fra Rusland, i Agerjord fra Norge og fra Tyskland har den norske Kemiker *E. J. Michelet* kunnet paavise og bestemme Pentosaner og Methylpentosaner[40]), og der er af *H. v. Feilitzen* og andre ogsaa i Tørv blevet paavist Pentosaner.

Flere lignende Undersøgelser af forskellige Forskere kan fremdrages, men de paaviste Stoffer af de omtalte Arter kan næppe anses for Humusstoffer.

De egentlig mørktfarvede Humusstoffer fremkommer af de organiske Rester i Jordbunden ved mere dybt indgribende kemiske Forandringer. Herved mistes der noget Kulstof samt Ilt og Brint, der gaar bort som Kulsyre, Kulbrinter og Vand m. m. Rent empirisk fremgaar dette eksempelvis af nedenstaaende Analyser efter *Will & Meyer* af Egetræ paa forskellige Formuldningstrin. I Analyserne er Tallene beregnet for det askefri Tørstof uden Hensyn til Kvælstofindholdet:

	Egetræ friskt	lysebrunt	mørkebrunt
C	50,6 %	53,6 %	56,2 %
H	6,0 -	5,2 -	4,9 -
O	43,4 -	41,2 -	38,9 -

De kvælstofholdige Stoffers Omdannelse i Naturen er rent empirisk undersøgt af Amerikaneren *H. Snyders* ved at lade Stofferne forraadne i Løbet af et Aar og derefter analysere dem. Forraadnelsesprodukterne

blev dog først „renset" med Syre, opløst i Natriumkarbonatopløsning og atter udfældet med Saltsyre. Han fandt derved, at:

Kulhydraterne gav kvælstoffri Produkter.

Træ	gav Humus med.........	1—2 %	Kvælstof
Halm	- — -	2—4 -	—
Staldgødning	— -	4—8 -	—
Æggehvide eller Kød	- ..... over	8 -	—

Foruden de Forandringer, som de organiske Stoffer undergaar ved Humusdannelsen, sker der ogsaa en Ændring i Forholdet mellem „Askebestanddelene". *A. Müller* har saaledes undersøgt Asken af Eg og Fyr fra Moser fra Stensjöholm ved Wexiö i Sverig og vist, at de i Moserne værende Trælevninger ikke mere indeholder Træaske, men derimod Tørveaske. Kali, der udgør den væsentligste Bestanddel i Træaske, er helt gaaet bort, og Mængden af Kalk, Magnesia og Fosforsyre er meget nedsat, medens Jerniltemængden er stærkt tiltaget. Dette beror antagelig paa Træresternes oprindelig tilstedeværende Garvesyreindhold, der har bundet Jernilten i det cirkulerende Vand[11]).

Tørv kan iøvrigt i visse Lag være meget rig paa Fosfater (Calciumfosfat og Vivianit, 1. Bd. S. 62) utvivlsomt stammende fra dyriske Stoffer.

Med de almindelig i Kemien anvendte Opløsningsmidler har man til en vis Grad formaaet at skille de i naturlig Humus forekommende Stoffer i forskellige Produkter, som er nærmere undersøgt og har faaet forskellige Navne. Selv om man ikke tør lægge overmaade stor Vægt paa de ved Analyserne fundne Talstørrelser, der varierer temmeligt betydeligt for Stoffer af forskellig Oprindelse, giver de dog nogen Oplysning, og de mest karakteristiske Stoffer skal derfor anføres her.

1) Hymatomelansyre er paavist af *Berzelius* m. fl. og nærmere undersøgt af *F. Hoppe-Seyler*[12]). Den vindes ved at udtrække muldent Egetræ med Vinaand og kan ogsaa faas af Brunkul og Tørv. Af Vinaand udskilles den ved Opløsningsmidlets Fordampning som et amorft brunt Pulver, der er uopløseligt i Æther og ikke opløses i rent Vand, men svulmer op til en geléagtig Masse, der med brun Farve let opløses i Alkali eller Ammoniak. Sammensætningen angives som $C_{26}H_{20}O_9$ med 65,36 % C, 4,31 % H, 30,33 % O.

2) Af Muld, Tørv, muldent Træ o. lign. kan med Alkali eller Ammoniakvand udtrækkes brune og sortebrune Stoffer, der forholder sig som ret stærke Syrer. De er uopløselige i Æther, Vinaand og rent Vand. Alkali- og Ammoniakforbindelserne, som ofte anses ligefrem for Salte, er opløselige i Vand, men fældes af Saltopløsninger, naar der ikke er for stort Overskud af Baserne til Stede. Lignende Stoffer kan fremstilles

af Kulhydrater og andre organiske Stoffer ved Opvarmning, ved Dekomposition med stærke Syrer, Alkalier m. m. De af naturlige Humusstoffer fremstillede Stoffer er altid kvælstofholdige, men Anskuelserne er forskellige om, hvorvidt Kvælstoffet hører med til Stoffernes Konstitution eller er bundet som Ammoniak eller paa anden Maade løsere knyttet til Stoffet. Stofferne indeholder ligeledes smaa Mængder af Jernilte, Aluminiumilte, Kalk, Fosforsyre m. m., naar de fremstilles af naturlige Humusstoffer. Ved Behandling med Saltsyre kan en Del af disse uorganiske Stoffer bortskaffes, men selv ved meget energisk Behandling med kogende concentreret Saltsyre synes det at være umuligt at faa fx. Humus fremstillet af Tørv fuldkommen jernfri, saa at det maa antages, at Jernet hører med til Stoffets Konstitution. Man skelner mellem:

Ulminsyre, der er brun og indeholder 52 % C, 7 % H og 40 % O. Alle Alkalisalte er opløselige.

Huminsyre er sortebrun og indeholdt efter en Række Analyser 60 % C, 5 % H, 35 % O. En temmelig nærstaaende Huminsyre er undersøgt af *Berthelot & André*. Den danner et i Vand letopløseligt Kalisalt $C_{36}H_{10}O_{14}K_6$ og et andet ganske uopløseligt $C_{36}H_{13}O_{14}K_3$ + aqv. Selv med Behandling med over 100 Gange sin Vægt Vand blev der kun udtrukket en lille Brøkdel af Kaliindholdet i dette Salt. Syren $C_{36}H_{16}O_{14}$ indeholder 63,4 % C, 2,4 % H, 33,3 % O. De ovenstaaende Bemærkninger om et muligt Kvælstofindhold gælder ogsaa for nedenstaaende saakaldte neutrale Humusstoffer.

3) Som uopløselige i Vand og Alkali tilbagebliver ved Fremstillingen af Ulminsyre og Huminsyre forskellige brune og sorte Stoffer. De gaar under Navnene Ulmin og Humin. Ved Kogning eller længere Tids Behandling i Kulden med Alkali bulner disse Stoffer ud til slimede Masser, der vanskeligt lader sig udvaske, og hvoraf næppe alt Alkali lader sig fjerne igen ved Udvaskning. Da de har Sammensætninger, der omtrentlig svarer til henholdsvis Ulminsyre og Huminsyre, og da de med Alkali om end kun yderst langsomt synes at gaa over til Alkalisalte af disse Syrer, er der Rimelighed for, at disse Stoffer er Laktoner af Syrerne*). Meget nærstaaende ved Ulmin er Dopplerit, der af og til findes som Indlag og gangformige Masser i Tørvelag. I frisk Tilstand er Dopplerit en brunsort Gelé, der dog hyppig er tørret ind til en sort begagtig Masse. I helt indtørret Tilstand er det et glanskullignende, sprødt, sort Stof med muslet Brud. Flere Analyser haves.

---

*) Hermed stemmer det af *Berthelot & André* iagttagne Forhold, at disse Stoffer ved langvarig energisk Behandling med Ammoniak giver Produkter, der indeholder Gruppen NH_2 bundet dels som Amin, dels som Syreamid, hvad der tyder paa Tilstedeværelse baade af Hydroxyl og Carboxyl.

Dopplerit fra en Mose i Østrig indeholdt efter *W. Bersch* beregnet som askefrit Tørstof 55,31 % C, 4,12 % H, 39,57 % O, 1,00 % N.

Desuden kendes allerede fra *Berzelius'* Undersøgelser to Syrer til, nemlig en farveløs Kildesyre og en gullig Kildesatssyre[13]. Berzelius angiver Sammensætningen til:

	Kildesyre	Kildesatssyre
C........	40,24 %	62,57 %
H	7,69 -	4,70 -
O........	44,57 -	17,63 -
N........	7,50 -	15,00 -

Andre senere Undersøgere giver en noget ændret Sammensætning. Syrerne synes at være Aminosyrer og forekommer bundet til Jernilte blandt andre Steder i Okker ved forskellige Kilder. Kildesyre er paavist i Regnormenes Tarmkanal. Kildesatssyre menes at forekomme i Ahl. Kildesyrens Ferrosalt er opløseligt i Vand, ligeledes Aluminiumoxyd-, Magnesia- og Kalksaltet. Disse Salte spiller en ikke ringe Rolle ved Omflytningerne af Baserne i Zonen mellem Overgrunden og den egentlige Undergrund. Syrerne er ogsaa virksomme ved Dannelsen af Myremalmlag, men nærmere Undersøgelser savnes dog. Syrerne omdannes let ved Luftens Indvirkning til Ulminsyre og Huminsyre eller nærstaaende mørktfarvede Stoffer. Kildesyre og Kildesatssyre er ikke fremstillet ad kunstig Vej. Omend de næppe endnu kendes i ren Tilstand, lader deres Karakter som virkelige Syrer som andre organiske Syrer sig ikke benægte.

Det er ikke vanskeligt ved kvantitativ Analyse at bestemme den empiriske Sammensætning af det ene eller det andet af ovennævnte Humusstoffer eller Præparater af Humusstoffer, men det er meget vanskelig med Sikkerhed at afgøre, om det er rene Stoffer og enkelte kemiske Individer, som man har mellem Hænderne. Hidtil har det vist sig fuldstændig umuligt at bestemme disse Stoffers Molekuletal, som sikkert er meget stort, og det er vanskeligt at danne sig en velbegrundet Mening om deres molekulare Struktur. Vanskelighederne ligger for en stor Del foruden i det høje Molekuletal i, at Humusstofferne hidtil kun kendes i den kolloidale Tilstand. I meget typisk Grad er de i Besiddelse af de for Kolloiderne karakteristiske Egenskaber, som foraarsager, at de er vanskelige at befri for smaa Mængder af vedhæftede fremmede Stoffer, fx. Jernilte, Aluminiumilte m. fl., om hvilke det er uvist, om de udgør Dele af Stoffets Struktur eller er fastklæbet ved Kolloidets Overflade ved Absorption.

Man var tilbøjelig til i tidligere Tid at antage, at Humusstofferne var mere simpelt bygget end de Stoffer, som de opstod af, da de dannedes af disse under Afspaltning af Kulsyre, Kulbrinte, Brint, Vand o. lign. Man antog endog en Tidlang, at man i Humus havde et oprindeligt Grundlag for alle „organiske Stoffer“, og at der ved Tilføjelse af Kulsyre, Kulbrinte, Vand osv. deraf kunde opstaa de i de levende Væsener forekommende Stoffer, og at disse Stoffer ved Dyrets eller Plantens Død, eller naar de blev skilt fra Organismen atter vendte tilbage til den oprindelige Tilstand til Muld eller Humus. Denne Anskuelse, som syntes saa overordentlig smuk og tiltalende fra et filosofisk Standpunkt og som løselig set ogsaa paa en Maade syntes at have Støtte i da kendte kemiske Forhold, viser sig dog ved nærmere kemisk Undersøgelse ikke at være holdbar. Ganske vist kender man ikke Bygningen af Humusstoffernes Molekul, men dels synes Humus, der opstaar af forskellige Stoffer, at være ret forskellig i sin Sammensætning, saa at det egentlig kun er den kolloidale Tilstand, der er fælles for alle Humusstoffer[44]), dels kan Sætningen om, at Humusstofferne er simplere bygget end de Stoffer, som de opstaar af, næppe opretholdes. Den nyere Kemi, der paa et andet i visse Retninger nærstaaende Omraade — Proteïnstoffernes Bygning — i adskillige Henseender har løftet noget det Slør, der hidtil har skjult disse Stoffers molekulare Struktur, har ogsaa bidraget noget til at kaste Lys over Humusstofferne. Nogle enkelte Eksempler paa Undersøgelser i denne Retning kan tjene til Oplysning.

De forskellige organiske Stoffer kan som nævnt indordnes i Afdelinger, der antages at have forskellig molekular Struktur. Kulhydrater og Fedtstoffer hører saaledes ind under „de fede Legemers Gruppe“, hvor Grundstammen i Molekulet udgøres af Kulstofatomer, der maa antages at være bundet til hinanden i Række. Som en i væsentlige Henseender forskellig Afdeling optræder „de aromatiske Legemers Gruppe“, hvis Grundstamme i Molekulet udgøres af sex Kulstofatomer bundet i Ring. Hertil hører fx. Benzol C_6H_6 og Fenol C_6H_5OH. Nu viser det sig, at Humussyre, som opstaar af Kulhydrater, ved Iltning med Klornatron giver Mellithsyre $C_6(COOH)_6$, der hører til de aromatiske Legemers Gruppe, saa at Humussyre trods Oprindelsen altsaa maa høre herhen. Efter Iltning med Salpetersyre viser Humussyre med Cyankalium Isopurpursyre-Reaktion, der er karakteristisk for Nitrofenoler[45]). Humussyre maa følgelig indeholde en Fenolgruppe, altsaa Kulstofatomer bundet som i „de aromatiske Legemers Gruppe“. Desuden er der Reaktioner, der tyder paa ringformig Binding af anden Art (Furfuranring), hvad der yderligere komplicerer Sammensætningen. Humussyres Optræden som Laktoner er allerede omtalt S. 77.

De kvælstofholdige Humusstoffer, der opstaar ved Dekomposition af Proteïnstofferne i Planteresterne i Naturen, er kun i ringe Grad blevet undersøgt. Derimod findes der overordentlig vidtgaaende Undersøgelser over Proteïnstoffernes Spaltning ved Fordøjelsesprocessen i den menneskelige og dyriske Tarmkanal, over Proteïnstoffernes Forhold ved Kogning med stærke Syrer, ved Smeltning med Alkalier o. lign., altsammen Processer, der, selv om de ingenlunde er identiske med de Omdannelser, der foregaar ved Mikroorganismernes Hjælp i Naturen, dog til en vis Grad ogsaa kaster Lys over disse Forhold. Det viser sig herved bl. a., at Aminosyrer spiller en betydelig Rolle blandt disse Destruktionsprodukter af Proteïnstofferne. De enkelte foreliggende Undersøgelser af Præparater af russisk „Sortjord“ maa siges at stemme godt hermed, da det herved har vist sig, at op til 70 % af Totalkvælstoffet i et Sortjords-Udtræk kunde være bundet som Aminosyrekvælstof[46]). Forbindelser af Ammoniak, Aminer, Amider og Amidosyrer synes ogsaa at kunne forekomme, men Adskillelsesmetoderne for disse Kvælstofforbindelser er ikke helt paalidelige, naar det drejer sig om Stoffer med saa højt Molekuletal og saa kompliceret en Sammensætning som Humusstofferne. Naar derimod Kvælstoffet ved Forraadnelsesbakteriernes Indvirkning er ført ned til Ammoniaksalt, kan man let følge dets videre Omdannelse i Naturen.

Mikroorganismernes Indflydelse paa Jordbundens Bestanddele. Overgrunden er mange Steder overordentlig rig paa Mikroorganismer, navnlig Bakterier og Gærsvampe, der i væsentlig Grad bidrager til at omdanne — bortbrænde og formulde — de organiske Bestanddele og ligeledes i visse Retninger har Indflydelse paa Omdannelsen af Jordbundens mineralske Stoffer. Disse Mikroorganismers Virkemaade er højst forskellig under forskellige Omstændigheder. Mest fremtrædende er den nedbrydende Virksomhed, hvorved de organiske Bestanddele, der paa tidligere omtalte Maader er blevet indblandet i Overgrunden, forvandles til Humus eller endog helt bortbrændes (iltes), saa at store Mængder af organisk Stof stadig forsvinder, idet Bestanddele gaar bort i Luftform (Kulsyre, Kulbrinter, Vand), samtidig med at ny Stofmængder indblandes i Jorden ovenfra. Under andre Betingelser eller ved Virksomhed af andre Former af Mikroorganismer kan der ske en Omdannelse af det organiske Stof, hvorved der skabes Former og Forbindelser, der er særlig modstandsdygtige mod de nedbrydende Processer, saa at de kan holde sig omtrent uforandret i overordentlig lang

Tid (fx. Humusaflejringer i Tørvemoser, i Kullag m. m.). Endelig anses det ikke udelukket, at visse af Mikroorganismerne under deres Livsvirksomhed alene af uorganiske Stoffer kan opbygge ny Mængder af organisk Stof, en Virksomhed, der dog i Hovedsagen er forbeholdt de grønne Planter, som gennem Sollyset faar meddelt Energi nok til at udføre det ved Dannelsen af organisk Stof forbundne Arbejde. De tre forskellige Virksomheder er:

1) Den fuldstændige Nedbrydning af de organiske Stoffer — med Tilhjælp af Luftens Ilt — til Kulsyre, Kulbrinter, Vand, Ammoniak eller frit Kvælstof.

2) Den delvise Omdannelse af de organiske Stoffer til Humusstoffer, medens samtidig noget organisk Stof forbrændes.

3) Nydannelse af organiske Stoffer helt af uorganiske eller tildels af uorganiske Stoffer.

De er i Naturen aldrig helt adskilt fra hinanden, men foregaar samtidig ved forskellige Organismers Virksomhed. Det er dog ofte saaledes, at fortrinsvis den ene eller den anden af disse Virksomheder har Overvægten paa det givne Sted under de tilstedeværende Omstændigheder.

De nævnte Omdannelser foregaar altsaa ved levende Organismers Hjælp i Overgrunden. Hovedbetingelserne for alt Liv er passende Varmeforhold, passende Fugtighedsforhold og passende Luftforhold, og dette gælder ogsaa for Bakterier og Svampe. Selvom netop disse Organismer som Sporer kan taale Yderligheder i Retning af Varme endog over Kogepunktet, Afkøling til Kuldegrader nær ved det absolute Nulpunkt eller Luftmangel af en eller anden Art langt mere end noget andet levende Væsen, saa kræver de dog for at vokse og formere sig visse ikke for yderliggaaende Varmegrader, fx. mellem 5^0—50^0, og i dette Varmespillerum er der atter en bestemt Temperatur, fx. 37^0, der giver det Optimum, ved hvilket de trives bedst. Det samme gælder for Fugtigheds- og Luftforholdene, men her er Mikroorganismernes Fordringer meget forskellige for de forskellige Grupper af Organismer.

Man vil vide, at den nyere Naturvidenskab netop ved Studiet af Mikroorganismernes Forhold i Spørgsmaal, hvor det drejer sig enten om Sygdomme hos levende Væsener eller vigtige tekniske Fremgangsmaaders rette Forløb (fx. Ølbrygning) har vundet overordentlig stor Indflydelse ved enten helt at forhindre Sygdommens Opstaaen eller formindske dens Indgreb eller lede den tekniske Proces efter Ønske. Da det viste sig, at der i Jordbunden fandtes et stort Studiefelt, hvad Mikroorganismernes Forekomst angaar, kastede et stort Antal Undersøgere sig med Begejstring over disse Opgaver. Den mineralogisk-kemiske

Undersøgelsesmetode, der ganske vist ikke er et Universalmiddel til at løse alle Spørgsmaal, men dog allerede ved *J. Liebig's* og hans Skoles Arbejder havde vist sin overordentlig store Betydning ved at klare de allerværsentligste Spørgsmaal angaaende Plantens Ernæring, Kunstgødnings Anvendelse og meget mere, blev i Løbet af de sidste Decennier skudt til Side til Fordel for den ny Videnskabs Agrikulturbakteriologi.

Nu viste det sig ogsaa, at Mikroorganismerne paa forskellig Maade var virksomme ved en stor Del af de kemiske Omdannelser, der foregaar i Jordbunden, og de ny Forskninger kastede Lys over adskilligt, særlig Forraadnelse og Salpeterdannelse, hvis Virkninger man ganske vist havde kendt længe, men hvis egentlige Aarsag man ikke var klar paa. Man saa nu, at naar disse Processer foregik i Naturen, fandtes der altid i de Stoffer, der omsatte sig, visse bestemte levende Mikroorganismer — Svampe og Bakterier — og naar man udelukkede disse Organismer, saa at de ikke kunde faa Adgang til Stoffet, eller dræbte dem ved Opvarmning, Afkøling, Udtørring eller Gift, fandt den paagældende Proces ikke Sted. Saadanne Processer — hvoraf adskillige fra gammel Tid er kaldt Gæringer, et Navn, som nu blev brugt om alle — blev altsaa frembragt af en Gæringsvækker, et Ferment, som i mange Tilfælde viste sig at være en levende Organisme. Den Art Gæringer blev kaldt ægte G., i Modsætning til de uægte Gæringer, som blev fremkaldt af et uorganiseret Ferment, et saakaldet Enzym. Som Eksempel paa det sidste kan anføres Stivelses Omdannelse til Dextrin og Maltose ved Hjælp af Diastase, et Stof (el. flere Stoffer), der med Vand kan udtrækkes af spirende Frø. En ægte Gæring var derimod fx. Maltosens Omdannelse til Vinaand og Kulsyre med Alkoholgærsvampe, altsaa levende Væsener. Man var tilbøjelig til at lægge særdeles stor Vægt paa den omtalte Forskel mellem ægte og uægte Gæringer og ansaa de første for en biologisk Proces, de andre maatte derimod indrømmes at være kemiske Processer. Imidlertid viste det sig, at ogsaa de ægte Gæringer var kemiske Processer, foraarsaget af Stoffer, der dannedes under Mikroorganismernes Livsvirksomhed. Disse Fermenter kunde udtrækkes eller udpresses af Mikroorganismerne og kunde behandles som almindelige Kemikalier, opløses i Vand, fældes med Vinaand m. m. De er ligesom de tidligere nævnte uorganiserede Fermenter i Stand til at foranledige de for dem karakteristiske Gæringsprocesser ganske uden Organismernes Tilstedeværelse og hører altsaa ogsaa til Enzymerne. Enzymerne er altsaa Stoffer, der paa en særegen Maade er i Stand til at bringe de Stoffer, de kommer i Berøring med, til at omdannes paa en bestemt Maade. Selve Enzymets kemiske Bestanddele

deltager ikke i den stedfindende kemiske Proces, og man har derfor sammenlignet Enzymvirksomheden med Magnetismen. Et Stykke Staal kan være i Besiddelse af magnetisk Kraft og udføre magnetisk Virksomhed, uden at det kemiske Stof (Jernet) i Staalet forandres. Et Enzym udfører enzymatiske Virkninger (fx. Alkoholgæring i Maltoseopløsning), tilsyneladende uden at de kemiske Stoffer i Enzymet forandres.

Deres nærmere kemiske Bygning kendes iøvrigt ikke. De bestaar af Kulstof, Ilt, Brint og Kvælstof og hører vistnok alle, saavidt man hidtil kender dem, til Gruppen Kolloider[47]). Enzymerne er væsentlig at opfatte som Katalysatorer, der bringer den for vedkommende Stoffer og for vedkommende Enzym karakteristiske Proces i Gang og holder den vedlige uden selv at indgaa i Slutningsproduktet[48]).

Lignende Katalysatorer af ren uorganisk Art kendes i ret stort Antal baade i fast og flydende Form fra den almindelige kemiske Praksis. Som Eksempler kan anføres:

Ilt og Brint kan bringes til at forbinde sig til Vand ved Hjælp af Platinsvamp.

Ammoniak og Ilt til Salpetersyre og Vand — — —

Alkohol og Ilt til Eddikesyre og Vand — — —

Svovlsyrling, Ilt og Vand til Svovlsyre med opvarmet Teglsten eller platineret Asbest.

Alkohol og organiske Syrer til Ætherarter med lidt Saltsyre.

Nogen nærmere begrundet Anskuelse om Katalysatorernes egentlige Virkemaade udover de stedfindende Reaktioner haves dog ikke. De fremmer Reaktionshastigheden, men af hvilken Grund vides ikke. Hvad Mikroorganismerne i Jordbunden angaar, er Spørgsmaalet om deres Indhold eller Frembringelse af Enzymer endnu kun i ringe Grad undersøgt, men at i alt Fald alle de stedfindende Sønderdelingsprocesser foregaar ved Enzymers Paavirkning, er der trods de manglende Undersøgelser næppe nogen Tvivl om. Fra anden Side er det med Rette fremhævet:

„Enzymernes Betydning i Naturen er overordentlig stor, idet de maa betragtes som de levende Cellers Redskaber, til Bearbejdelse af de Cellen tilførte Stoffer, og man kan derfor med temmelig stor Sikkerhed sige, at Enzymerne optræder overalt, hvor der er Liv, og de optræder saasnart og fordi vedkommende levende Organisme eller Celle har Brug for deres Virksomhed“[49]).

Væsentlig henholdende os til samme Kilde som den, hvorfra ovenstaaende Udtalelse om Enzymernes Betydning hidrører, kan anføres følgende Eksempler paa nogle af de vigtigste Enzymer:

A. Hydrolyserende Enzymer*).
   1) Kulhydrat- og glykosidspaltende Enzymer.
   2) Fedtspaltende Enzymer.
   3) Proteïnstof spaltende Enzymer (proteolytiske E.).

B. Andre Enzymer. Medens alle ovennævnte Enzymer virker „paa en og samme simple Maade, nemlig ved hydrolytisk at sønderdele sammensatte Stoffer til mindre sammensatte Forbindelser — Processer, der sædvanlig ogsaa kan frem-

*) Hydrolyse er en Spaltning af et Stof i to eller flere Stoffer under Optagelse af Vand.

kaldes ved passende Behandling med fortyndede Syrer — kender man ogsaa en Del Enzymer, hvis Virkninger viser sig i kemiske Processer af anden Art og ofte i dybere gaaende Sønderdelinger. Hertil hører fx. de iltende Enzymer, som sikkert findes i Eddikesyrebakterierne og i de saakaldte Nitrifikationsbakterier, der i Muldjorden udfører Ammoniakens Iltning til Nitriter og Nitrater, og de reducerende Enzymer, der sikkert findes i Denitrifikationsbakterierne, som omvendt reducerer Nitrater og Nitriter til frit Kvælstof og Ammoniak."

Hertil hører ligeledes Enzymer, der indeholdes bl. a. i Organismer, som fremkalder Mælkesyregæringer, Smørsyregæringer m. fl., der i Naturen spiller en stor Rolle ved de organiske Stoffers Omdannelse.

Bakterierne og Svampene i Jordbunden opstaar af Sporer, Kim eller ved Deling af allerede tilstedeværende Væsener af samme Art, og de vokser og formerer sig samtidig med at de ved Enzymernes Indvirkning omformer de Stoffer, som de er omgivet af eller har optaget i deres Legeme. Ofte er det saaledes, at en Gruppe Bakterier, der fx. af et Kulhydrat frembringer et Stof, fx. en Syre som Mælkesyre, ikke kan trives naar det frembragte Stof tiltager udover en vis ringe Mængde, saa at Bakteriernes Virksomhed maa ophøre paa Grund af det ved Virksomheden frembragte Stof, hvis ikke enten Syren bindes af en tilstedeværende Base (fx. Kalk) eller andre Mikroorganismer træder hjælpende til og omformer den dannede Syre til et for de oprindelige Bakterier ikke skadeligt Stof, hvorved Processen kan fortsættes. I Naturen gaar det ofte som i en velledet Fabrik, det ene Hold Arbejdere afløser det andet ved Stoffets Bearbejdning, saa at Processen kan fuldføres til Endemaalet uden Afbrydelse. Processen begyndes af den ene Gruppe Mikroorganismer eller Enzymer, fortsættes af den næste for maaske at sluttes af en tredie eller fjerde Gruppe.

Som Eksempel kan man anføre Stivelses Omdannelse gennem forskellige Mellemstadier til Kulsyre og Vand. Enzymerne „Diastase", der findes i spirende Frø, omdanner Stivelsen til gæringsdygtige Sukkerarter, disse omdannes ved Gærsvampes Virksomhed til Alkohol og Kulsyre, Alkohol kan omdannes af Eddikesyrebakterierne under Iltning til Eddikesyre, og de samme eller andre Mikroorganismer kan omdanne Eddikesyre til Kulsyre og Vand, altsaa til de samme Stoffer, hvoraf den grønne Plante i sin Tid ved Sollysets Indvirkning dannede Stivelse gennem forskellige Mellemtrin. Som et andet Eksempel kan nævnes Kvælstoffets Vandring i Naturen. En grøn Plante, fx. Rug, optager fra Luften Kulsyre, fra Jordbunden Vand og Nitrater og danner deraf Æggehvidestof. Bringes den døde Plante ned i Jorden, omdanner Forraadnelsesbakterierne Æggehvidestofferne til Kulsyre, Vand og Ammoniak. Dette sidste Stof iltes af andre Bakterier ved Ilt fra Luften til Salpetersyre, der som Nitrat atter gennem Rødderne i vandig Opløsning kan optages

af en ny Generation af Planter, der paany anvender Kvælstoffet i Nitratet til Æggehvidestof.

Processerne, der foregaar ved de organiske Stoffers Omdannelse i Naturen, afhænger i høj Grad af de nærmere Omstændigheder, saasom Varmeforhold, Fugtighedsforhold, Tilstedeværelsen eller Mangelen af Luft m. m. Men er de bestemte Betingelser til Stede, tør man i de fleste Tilfælde gøre Regning paa, at den paagældende Proces vil finde Sted i Jordbunden, da de paagældende Mikroorganismer findes overalt eller i alt Fald snart vil komme til Stede, naar der er skabt Betingelser for, at de kan leve i paagældende Jordlag. Mængden af Mikroorganismer er dog meget forskellig i de forskellige Arter Overgrund og aftager meget hurtigt med Dybden. Saaledes fandt fx. *C. Fränkel* ved Potsdam i 3 Cm.^{3} Jord i August Maaned 1886:

I Overfladen*)	300000	Bakterier (eller Sporer af saadanne).
- 1/2 M. Dybde	240000	—
- 1 - —	80000	—
- 2 - —	400	—
- 3 - —	næsten fuldkommen kimfri.	

Andre Steder har man paavist flere Millioner Mikroorganismer i 1 Cm.^{3} Jord. Snart har Bakterierne Overvægten, snart er Svampene de talrigste. I Almindelighed kan det siges, at i god og passende fugtig Muldjord har Bakterierne Overvægten, medens i sur og vaad Jord er Svampene de talrigste.

Angaaende Bakteriernes Virksomhed er der for kort Tid siden (Foraar 1909) fremkommet en Oversigt af den danske Forsker *Orla Jensen*[50]). Skønt Afhandlingen angaar Bakteriernes Systematik i Almindelighed og ikke tager specielt Sigte paa Jordbundsbakterierne, indeholder den dog meget til Oplysning om disse Former, og den kemiske Side er ved hver enkelt Proces taget nærmere i Betragtning. Samtidig kaster Forf.s Bemærkninger ogsaa Lys over forskellige geologiske Forhold. Det vil derfor være nyttigt at dvæle lidt nærmere herved. Forf. beskæftiger sig først med Bakteriernes synthetiske Virksomhed og omhandler dernæst de Iltnings- og Spaltningsprocesser, som foregaar ved de af Bakterierne udskilte Enzymer. Efter deres Levemaade inddeles Bakterierne i følgende tre Hovedgrupper:

1) Bakterier, der ligesom Planter med Bladgrønt hverken behøver organiske Kulstofkilder eller organiske Kvælstofforbindelser. Disse *auto-*

---

*) Hermed menes lidt under Overfladen; i selve det solbeskinnede Overfladelag findes kun faa Bakterier.

trope Bakterier kan opbygge saavel Kulhydrater som Proteïnstoffer af Kulsyre og uorganiske Salte.

2) Bakterier, som behøver organiske Kulstofkilder, men kan undvære organiske Kvælstofkilder. Disse Bakterier formaar at opbygge Proteïnstofferne af Kulhydrater (eller organiske Syrer) og af Ammoniak, Kvælstof eller Nitrater.

3) Bakterier, der ligesom Dyrene behøver saavel organiske Kulstofkilder som organiske Kvælstofkilder. Disse Bakterier kan ikke foretage hverken Kulhydratsynthese eller Proteïnstofsynthese af uorganiske Stoffer.

„Talrige Analyser viser, at 52—80% af Tørstoffet i Bakterierne er Proteïnstof, og at de ikke indeholder ægte Cellulose (som Planterne), men Stoffer som Mucin og Chitin. Bakterierne nærmer sig altsaa i denne Henseende til de lavere Dyr. Paa den anden Side viser Traadbakterierne i morfologisk Henseende (d. v. s. med Hensyn til deres Legemes Dannelse) den allerstørste Lighed med de blaagrønne Alger, saa at der ikke er nogen Tvivl om, at Bakterierne optræder som Mellemled mellem Dyr og Planter, hvad der ogsaa fremgaar tilstrækkelig klart af ovenstaaende Inddeling. Da Bakterierne er af en simplere Bygning end alle hidtil kendte Dyr eller Planter, kan man yderligere slutte, at Oprindelsen til begge disse Rækker af Organismer maa søges hos Bakterierne". Det vises yderligere, hvorledes Anskuelsen om, at Bakterierne eller nærstaaende nu uddøde Former var de første levende Væsener paa Jorden, stemmer særdeles godt med Geologiens Vidnesbyrd (smlg. 1. Bd. S. 240—243), men det vil føre for vidt i denne Sammenhæng at komme nærmere ind herpaa.

Ved den ovenanførte Inddeling er der lagt særlig Vægt paa Bakteriernes synthetiske Virksomhed, hvorved de opbygger Stoffer til Brug ved Dannelsen af deres eget Legeme. Mange Forskere er af den Anskuelse, at dette Forhold spiller en ikke ubetydelig Rolle ved Frugtbargørelsen af Jordbunden, da Bakterier, der hører ind under 1) og 2) Gruppe — med et Fællesnavn kvælstofsamlende Bakterier — ved Hjælp af Luftens fri Kvælstof i Jordbunden ifølge Teorien kunde skabe bundet Kvælstof, der efter Bakteriernes Død ligesom andet organisk eller uorganisk kvælstofholdigt Stof som Gødning kan komme Planterne tilgode. Visse Former af saadanne kvælstofsamlende Bakterier anses ligeledes af mange Forskere i Stand til, endnu medens de lever, ved Samliv — Symbiose — med forskellige Planter direkte at kunne forsyne disse Planter med organisk bundet Kvælstof (Proteïnstoffer eller delvis forarbejdet Materiale til Proteïnstoffer). Disse saakaldte Knoldbakterier kan efter den meddelte Teori altsaa direkte saa at sige „made" paagæl-

dende Planter med Proteïnstof, medens Størstedelen af de grønne Planter ellers er henvist til at optage uorganisk bundet Kvælstof (Nitrater, undertiden Ammoniaksalte) gennem Rødderne, og tillige efter andre Teorier — hvortil dog endnu kun et Mindretal af Forskere har sluttet sig — gennem Planternes Blade fra Luften som frit Kvælstof. Der vil senere blive Lejlighed til at komme noget nærmere ind herpaa.

Medens Syntheserne af de Stoffer, som Mikroorganismerne benytter til Opbygning af deres Legeme, er *endotherme* Processer, d. v. s. kemiske Processer, hvortil der paa en eller anden Maade maa tilføres Energi (Varmeenergi, Lysenergi, kemisk Energi osv.) udefra, er derimod Dannelsen af de Stoffer, der fremkommer som Slutningsprodukter af Enzymernes Virksomhed, *exotherme* Processer, d. v. s. de er ledsaget af en Energiudvikling (Varmeudvikling eller andet). I mange Tilfælde er man tilbøjelig til at slutte, at disse energiudviklende Processer foregaar netop for at skaffe Mikroorganismerne den Energi, som de har Brug for til deres Livsvirksomhed, medens de grønne Planter faar Energien meddelt gennem Sollyset.

Andre Forskere antager derimod, at de af Mikroorganismerne frembragte Spaltningsprodukter ganske vist er fremkommet under Energiudvikling, men at Formaalet ved deres Dannelse dog er et andet end at frembringe Energi til Brug for Mikroorganismerne. Spaltningsprodukterne er efter denne Hypothese et Vaaben i Kampen mod andre konkurrerende Arter Mikroorganismer, der ellers vilde æde det samme Foder og formere sig i de samme Omgivelser. Det frembragte Stof kan ganske vist i Overmaal ogsaa være skadelig for Frembringeren, men taales dog i Reglen langt bedre af den end af andre Organismer, som den maa konkurrere med. Som Eksempel herpaa kan anføres, at der ved Virkning af forskellige Organismer paa organisk Stof kan opstaa Gæringsprodukterne Alkohol, Eddikesyre og Smørsyre[51]):

	Frembringeren taaler:	Andre Organismers Virksomhed hæmmes eller forhindres ved:
Alkohol	10—18 %	4—10 %
Eddikesyre	4—6 -	0,25—1 -
Smørsyre over	1 -	0,5 -

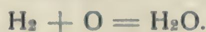
Herefter synes det at være givet, at Gæringsprodukterne frembringes af de paagældende Mikroorganismer som et Vaaben eller Forsvarsmiddel i Kampen for Tilværelsen, altsaa saa at sige i rent egoistisk Formaal. Men Forholdet ved andre Processer, hvori Mikroorganismer er virksomme, kan dog vække Betænkeligheder ved en saadan Antagelse. Saaledes frembringer Svovlbakterier og Salpeterbakterier Sulfater og

Nitrater, der er uskadelige, ja i mange Tilfælde endog uundværlige for andre Mikroorganismer. Da man dog næppe ved Svovlbakterier og Salpeterbakterier tør antage et altruistisk Formaal, maa man antage, at Gæringsprodukterne opstaar, fordi Mikroorganismerne har Brug for den derved fremkomne Energi og i Tidens Løb er blevet tilpasset til at kunne taale de udskilte Stoffer.

De af Enzymerne i Mikroorganismerne foraarsagede Omsætninger er oftest fuldstændige eller delvise Forbrændingsprocesser af paagældende Stof, der foregaar med Benyttelsen af fri eller bunden Ilt, undertiden dog ogsaa Spaltninger og komplicerede Omlejringer indenfor Stoffets eget Molekul uden Ilttilgang. Man har paa Grund af forskellige til Bakteriernes Liv knyttede Forhold været tilbøjelig til at lægge megen Vægt paa Forskellen mellem Benyttelsen af fri og bunden Ilt og har inddelt Processerne og de deri deltagende Bakterier i to adskilte Grupper. *Aerobionter* er Former, der ikke kan trives uden fri Ilt (Luft), *Anaerobionter* kan derimod godt trives, ja i flere Tilfælde overhovedet kun trives, naar der ikke er fri Ilt til Stede. Fra et rent kemisk Synspunkt er Forskellen mellem Iltning med fri Ilt eller bunden Ilt dog ikke af væsentlig Betydning ved Opfattelsen af den Proces, der foregaar. I Jordbunden kan Bakterieformer af begge Grupper ofte virke Haand i Haand, saa at Anaerobionterne ilter med bunden Ilt og spalter Stoffer fra, der af Aerobionterne iltes videre med fri Ilt.

Nogle af de for Omsætningen af de organiske Stoffer vigtigste Processer, der foraarsages af Bakterier, er følgende (med væsentlig Benyttelse af den under [50]) nævnte Kilde):

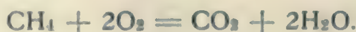
I. Iltning af Brint.



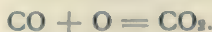
Brint, der ved Smørsyregæring og andre Forraadnelsesgæringer og Sønderdelinger afspaltes af organiske Stoffer, kan ved Arter af Bakterieslægten *Hydrogenomonas* (Orla Jensen) iltes til Vand.

II. Iltning af Kulstofforbindelser.

a) Iltning af Methan.



b) Iltning af Kulilte:

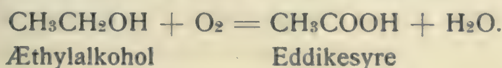


Saavel Methan som Kulilte opstaar af organiske Stoffer ved visse Bakteriers Indvirkning uden Luftens Adgang. Ved Arter af *Methanomonas*

(Orla Jensen) og *Carboxydomonas* (O. J.) kan disse Luftarter iltes, som ovenfor vist.

c) Iltning af organiske Forbindelser:

Blandt de mange forskellige Reaktioner indenfor denne Gruppe kan anføres Eddikegæringen ved Arter af Bakterieslægten *Acetimonas* (O. J.)



$$CH_3CH_2OH + O_2 = CH_3COOH + H_2O.$$

Æthylalkohol — Eddikesyre

Bakterierne, der ved Snareddikefabrikationen er særlig virksomme, kan nøjes med Alkohol alene som organisk Næring, andre Eddikesyrebakterier (fx. de, der gør Vinen sur), kræver andre organiske Stoffer ved Siden af Alkohol. Nogle Former behøver ikke fri Ilt, men kan benytte Salpeter, hvorved Kvælstofoxyderne reduceres til Ammoniak.

III. Iltning af Kvælstofforbindelser.

Omdannelsen af de organiske Stoffers Kvælstof til Ammoniak og derefter til Salpeter i Jordbunden er en overordentlig vigtig Proces og vil blive nærmere omtalt i det følgende. Ammoniak kan let iltes til Salpetersyre ved *W. Ostwald's* Fremgangsmaade med Luftens Ilt[52]. I Jordbunden foregaar Iltningen i to Sæt, og der maa være Baser (Kalk) til Stede for at mætte den opstaaede Syre.

a) Nitritation:



$$(NH_4)_2CO_3 + 3O_2 = 2HNO_2 + CO_2 + 3H_2O.$$

Iltningen udføres ved Hjælp af *Nitrosomonas* (Nitroso- eller Nitritbakterier).

b) Nitration:



$$Ca(NO_2)_2 + O_2 = Ca(NO_3)_2.$$

Iltningen udføres ved Hjælp af *Nitromonas (Nitrobacter)* (Nitro- eller Nitratbakterier).

Allerede fra Oldtiden vidste man, at der paa visse Steder kunde „udblomstre“ Salpeter af Jordbunden, og senere hen lærte man kunstig at fremkalde Salpeterdannelse. Men hvad der egentlig herved foregik i Jordbunden, var man ikke klar paa. Saaledes skriver i 1842 *J. G. Forchhammer* om Salpeterdannelsen[53]: „Salpeter findes især i varme Lande i Muldjorden og i porøse Stenmasser, som indeholder en stærk Base, saasom Kali eller Kalk. Ogsaa kunstigen danner man Salpeter ved at udsætte qvælstofholdende Substanser, blandede med Baser for Luftens Paavirkning. Det synes, som der under disse Omstændigheder først

dannes humussur Ammoniak, hvis Qvælstof yderst langsomt indgaar Forbindelse med Atmosphærens Ilt og danner Salpetersyre, der forener sig med Baserne. Porøse ikke qvælstofholdende Stenarter, navnligen Trachyt, danne, især i varme Lande, Salpeter, sandsynligviis derved, at den atmosphæriske Luft ved en Fortætning i Stenens Porer og den stærke Bases Tilstedeværelse bestemmes til at indgaa Forbindelse. I alle disse Tilfælde danner Salpetersyren sig langt lettere ved større atmosphærisk Varme, og jo lavere et Lands Middeltemperatur er, desmindre er det skikket for Salpeter-Dannelse".

I 1877—78 viste *Pasteur's* Disciple *Th. Schloessing & A. Müntz*, at Salpeterdannelsen skyldtes „ferments organisés", hvorved mentes Mikroorganismer af en eller anden Art (Bakterier eller Gærsvampe). Naar Jord, der indeholder Ammoniaksalte eller kvælstofholdige, organiske Stoffer, inficeres med Kloakvand, dannes der let Salpeter, medens Salpeterdannelsen udebliver, naar saadan inficeret Jord glødes eller udsættes for Kloroformdampe. Herved fandt de, at de salpeterdannende Organismer nu var døde: „Nos organismes nitrificateurs étaient tout morts"[54]).

Efter saaledes først at have paavist, at Salpeterdannelsen kun fandt Sted, naar der var Betingelser til Stede, for at der kunde leve Organismer, og saaledes sandsynligvis maatte skyldes disse Organismers Virksomhed, gik Schloessing & Müntz over til nærmere at undersøge, hvilke de salpeterdannende Organismer var. De finder (1878), at Salpeterdannelse ikke kan foregaa ved hvilke som helst Forraadnelsesbakteriers Hjælp, men kun ved visse særlige Bakterier, som findes paa de Steder, hvor der finder Salpeterdannelse Sted. I 1879 gør de forskellige Forsøg paa at isolere disse Bakterier og viser, at Kvælstoffets Iltning ikke altid gaar saa vidt, at der dannes Nitrat, men at man ogsaa ofte kan paavise Nitritdannelse. Den egentlige Rendyrkning af Bakterierne lykkes først 1889 for Russeren *Winogradsky*. Salpeterdannelsen i Jordbunden foregaar næppe under 5°, har sit „Optimum" ved 30—37° og er helt ophørt ved 55°.

Salpeterdannelsen i Jordbunden kræver ogsaa en passende Fugtighedsgrad, da den ikke kan foregaa i udtørret Jord, og der i vandmættet Jord ikke er Ilt nok til Kvælstoffets Iltning.

Foruden de nævnte *Nitrosomonas* og *Nitromonas* kender man ogsaa andre Former, der ilter Ammoniumkarbonat direkte til Salpetersyre, Kulsyre og Vand. Ligeledes findes der Former, hvor Processen standser ved Kvælstof, der ikke iltes videre, medens Kulstoffet omdannes til Myresyre:



$$(NH_4)_2CO_3 + O_2 = H_2CO_2 + N_2 + 3H_2O.$$

Myresyre

De samme Former kan dog under andre Omstændigheder udføre den fuldstændige Iltning af Kvælstoffet til Salpetersyre, medens den opstaaede Myresyre iltes til Kulsyre og Vand.

IV. Iltning af Svovlforbindelser.

a) Iltning af Svovlbrinte til Vand og Svovl:



$$H_2S + O = H_2O + S.$$

b) Iltning af Svovl til Svovlsyre:



$$S + 3O + H_2O = H_2SO_4.$$

De mest udbredte Svovlbakterier er Arter af *Beggiotoa.* Om disse interessante Former, der ligesom Salpeterbakterierne forarbejder rent uorganisk Stof, skriver *E. Warming*[55]): „De forekommer i Mængde næsten overalt, hvor Plante- eller Dyrerester raadner i Vand under Svovlbrinteudvikling; saaledes fx. *Beggiatoa alba*, der er meget hyppig som hvidt Overtræk paa raadnende Alger og Dyr. Svovlbakterierne ilter Svovlbrinten og ophober Svovl i Form af Smaakugler, der bestaar af amorft, blødt Svovl, og i den levende Celle aldrig gaar over i den krystallinske Tilstand. De ilter dernæst dette Svovl til Svovlsyre, der straks neutraliseres af de optagne kulsure Salte og udskilles i Form af svovlsure Salte. Hovedsagelig bliver $CaCO_3$ forvandlet til $CaSO_4$. Uden Svovl standser Ernæringsprocessen og Bevægelsen, og Døden indtræffer tidligere eller senere. Svovlbakterierne kan leve og formere sig meget yppigt i en Vædske, der kun indeholder Spor af organiske Stoffer, hvoraf andre bladgrøntløse Organismer ikke kan leve. I Svovlkilder og paa „død Bund“ i Saltvand danner Beggiatoaer hyppigt hvide, omfangsrige Masser; de Spor af organiske Stoffer, som Svovlvandet indeholder, er tilstrækkeligt for dem“.

I ferrokarbonatholdigt Kildevand lever forskellige Arter „Grenhaar“ navnlig *Leptothrix ochracea.* Disse „Jernbakterier“ uddrager Ferrokarbonatet af Vandet og aflejrer det i deres Legeme som Ferrihydroxyd og synes saaledes ligesom Svovlbakterierne og Salpeterbakterierne at vinde Energi ved en rent uorganisk Proces. Okkerlag og Sømalm skyldes sikkert i mange Tilfælde til en vis Grad Jernbakterierne deres Oprindelse, selv om Ferrokarbonat i vandig Opløsning (kulsyreh.) ogsaa let iltes uden Bakteriernes Mellemkomst. Jernbakterier og Svovlbakterier er sikkert ligesom Salpeterbakterier nogle af de ældste Former af levende Væsener her paa Jorden.

Andre Former af Svovlbakterier og vistnok ogsaa af Jernbakterier benytter ikke fri Ilt, men bunden Ilt og kan ved at afilte muligvis i

Jordbunden forekommende Salpeter optræde som „denitrificerende“ Bakterier eller „Salpeterædere“, der frigør Kvælstof:

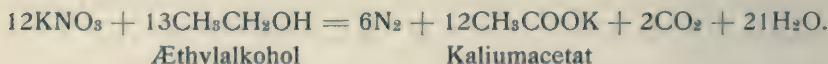


$$5S + 6KNO_3 + 2H_2O = K_2SO_4 + 4KHSO_4 + 3N_2.$$

Disse Organismer danner altsaa et naturligt Overgangsled mellem Svovlbakterierne og Formerne, der udfører nedennævnte Proces (Orla Jensen).

V. Denitrifikation.

Ligesom Salpetersyre virker iltende paa de fleste organiske Stoffer og derved selv bliver afiltet — reduceret —, kan Nitraterne i Jordbunden virke iltende paa de organiske Stoffer ved Hjælp af de i visse Bakteriearter værende Enzymer. Reduktionen af Kvælstofoxydet i Nitraterne gaar saa vidt, at der sker en fuldstændig *Denitrifikation*, d. v. s. Kvælstoffet frigøres som luftformig Kvælstof, men Reduktionen kan ogsaa udføres gennem et Mellemtrin, saa at Nitratet reduceres til Nitrit, der derefter atter kan reduceres yderligere til Kvælstof. Som Eksempler paa disse Processer kan vi efter *Orla Jensen* anføre Virkning af *Denitromonas* paa en Opløsning af Kaliumnitrat (2 ‰), hvortil der er sat Alkohol (1 %).



$$12KNO_3 + \underset{\text{Æthylalkohol}}{13CH_3CH_2OH} = 6N_2 + \underset{\text{Kaliumacetat}}{12CH_3COOK} + 2CO_2 + 21H_2O.$$

Andre Former af *Denitrobacterium* (Bacillus denitrificans) foranlediger Reaktionerne til at foregaa som nævnt i to Sæt:

1) $6KNO_3 + CH_3CH_2OH = 6KNO_2 + 2CO_2 + 3H_2O.$

2) $4KNO_2 + CH_3CH_2OH = 2N_2 + 2K_2CO_3 + 3H_2O.$

Slutningsproduktet er altsaa en alkalisk reagerende Væske, der kun indeholder Kaliumkarbonat, alt Kvælstoffet er frigjort og saaledes gaaet ud af Cirkulationen. Der kendes mange forskellige Bakterieformer, der kan foraarsage Denitrifikation. Nogle kan baade benytte Nitrater og Nitriter som Iltningsmidler, andre er begrænset til kun at kunne benytte en af disse Klasser Salte.

Foruden Alkohol kan denitrificerende Bakterier benytte Salte af organiske Syrer, fx. Citrater, der iltes til Karbonater, Kulhydrater m. m. I Halm findes endel Pentosaner, der let omdannes til Pentoser; der er god Næring for denitrificerende Bakterier. Heri maa Grunden søges til den erfaringsmæssig godtgjorte Kendsgerning, at Chilisalpeter kan miste betydeligt af sin gødende Virkning, naar det udstrøes sammen med halmrig Gødning, eller samtidig med, at der i paagældende Mark nedfældes Grøngødning.

VI. Desulfuration.

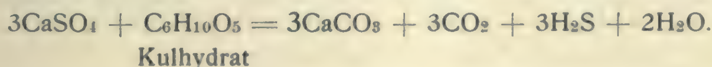
Fra det daglige Liv kendes den stærke Svovlbrintelugt, som ofte ledsager Forraadnelsen af organiske Stoffer. Svovlbrinten kan dels stamme fra selve de organiske Stoffer, naar disse som Æggehvidestofferne indeholde Svovl i organisk Forbindelse, der frigøres som Svovlbrinte, men den kan ogsaa hidrøre fra Sulfater, der reduceres af de forraadnende organiske Stoffer, fx. Tang i Havvand. Disse Processer foranlediges af Enzymerne i forskellige Bakterier, der har faaet Navne som *Vibrio hydrosulfureus*, der hentyder til Svovlbrintedannelsen, eller *Microspira aestuarii*, der hentyder til Forekomsten i fladgrundede Saltvandsvige. Calciumsulfatet i Havvandet reduceres af de organiske Stoffer til Calciumsulfid, der af den samtidig udviklede Kulsyre omdannes til Calciumkarbonat og Svovlbrinte. Er der samtidig Jernsalte tilstede, kan der dannes Ferrosulfid FeS og Svovlkis FeS_2. Desulfuration spiller en overordentlig stor Rolle i mange danske Farvande saasom Dele af Limfjorden, Isefjord, Østersøen osv. Dyndlagene paa Havbunden er her sortfarvede af Ferrosulfid og stærkt lugtende af Svovlbrinte (smlg. 2. Bd. S. 81). Flere Steder (Bornholm, Nordsjælland m. m.) bliver Havstokkens Rullesten beklædt med et Lag Svovlkis, hvor jernholdige Kilders Vand blandes med det ved Desulfurationsbakterier reducerede Calciumsulfidholdige Havvand og delvis udsættes for Luftens Indvirkning. Processen kan antages at foregaa saaledes:



$$(CO_3)_2 \frac{Fe}{H_2} + 2CaS + O = FeS_2 + 2CaCO_3 + H_2O.$$

Ferrohydrokarbonat Svovlkis

Desulfurationsbakterierne arbejder ofte Haand i Haand med de tidligere nævnte Svovlbakterier. I Saltvandsdyndlagene noget under Overfladen udvikles Svovlbrinte af Calciumsulfat og organisk Stof under Dannelse af Calciumkarbonat ved Indflydelse af Desulfurationsbakterier:



$$3CaSO_4 + C_6H_{10}O_5 = 3CaCO_3 + 3CO_2 + 3H_2S + 2H_2O.$$

Kulhydrat

Samtidig hermed kan Svovlbakterierne i Lagets Overflade omdanne — som vist Side 91 — Svovlbrinten først til Svovl og dernæst til Svovlsyre, der med Calciumkarbonatet danner Calciumsulfat under Kulsyreudvikling.

Medens de under I—IV opførte Processer er Eksempler paa Bakterievirksomhed, hvortil Luftens fri Ilt benyttes som Iltningsmiddel, og de under V—VI opførte Denitrifikationer og Desulfurationer er Eksempler paa Bakterievirksomhed, hvor et Nitrats eller et Sulfats bundne

Ilt — altsaa Ilten i et andet Stof — benyttes til Iltning*), er der desuden kendt et stort Antal saakaldte Spaltningsgæringer, som i alt Fald for en stor Del af Processernes Vedkommende kan opfattes som Bakterievirksomheder**), hvorved den i selve det organiske Stof værende Ilt optræder som Iltningsmiddel, saa at der afspaltes en stærkere iltet Forbindelse — Eddikesyre, Myresyre, Kulsyre o. lign. — end det oprindelige Stof. Samtidig med Iltningsproduktet maa der selvfølgelig afspaltes eller tilbageblive et Reduktionsprodukt, fx. Brint, Methan eller en kulstofrigere og iltfattigere Forbindelse end Udgangsproduktet. Saaledes kan fx. Myresyre omdannes til Kulsyre og Brint:



$$HCOOH = CO_2 + H_2.$$

Eddikesyre til Kulsyre og Methan:



$$CH_3COOH = CO_2 + CH_4.$$

Ofte er de foregaaede Reaktioner dog meget komplicerede og de opstaaede Produkter kan ved de samme eller andre Mikroorganismers Virksomhed omsætte sig til andre Produkter. Af Sukker kan der ved Gæring dannes fx. Mælkesyre:



$$C_6H_{12}O_6 = 2C_3H_6O_3.$$

Druesukker Mælkesyre

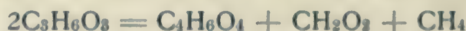
Af Mælkesyre kan ved forskellige Bakteriers Virksomhed dels dannes Ravsyre, Eddikesyre og Brint:



$$2C_3H_6O_3 = C_4H_6O_4 + C_2H_4O_2 + H_2.$$

Mælkesyre Ravsyre Eddikesyre

men der kan ogsaa dannes Ravsyre, Myresyre og Methan:



$$2C_3H_6O_3 = C_4H_6O_4 + CH_2O_2 + CH_4$$

Mælkesyre Ravsyre Myresyre Methan

eller Propionsyre, Eddikesyre, Kulsyre og Vand:



$$3C_3H_6O_3 = 2C_3H_6O_2 + C_2H_4O_2 + CO_2 + H_2O$$

Mælkesyre Propionsyre Eddikesyre

eller Smørsyre, Kulsyre og Brint:

---

*) Man kender ganske lignende Bakterievirksomheder, hvorved Salte af Klorsyre, Arsensyre, Ferricyanbrinte m. m. kan reduceres og altsaa tjene som Energikilde for paagældende Bakterier. Fosfater kan sandsynligvis ogsaa ved bakteriel Virksomhed lide en Defosforation, hvorved den i Naturen paa sumpede Steder forekommende Fosforbrinte opstaar. Den kan dog ogsaa tænkes dannet paa anden Maade ved Forraadnelsen af fosforholdige Proteïnstoffer.

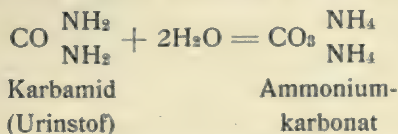
**) Eller Virkningerne af Gærsvampe.



$$2C_3H_6O_3 = C_4H_8O_2 + 2CO_2 + 2H_2.$$

Mælkesyre Smørsyre

Disse Processer kan i Naturen foregaa dels samtidig dels umiddelbart efter hinanden, saa at de kemiske Forhold bliver meget indviklede. Hertil kommer yderligere, at de ved Gæringen dannede Produkter *in statu nascendi* kan indvirke paa det oprindelige eller paa et eller flere af de dannede Stoffer eller paa helt andre mere tilfældig tilstedeværende Stoffer, saaledes for Brintens Vedkommende paa Kvælstof, hvorved der opstaar Ammoniak eller maaske Aminer eller Aminosyrer, der atter af Mikroorganismerne kan omdannes paa anden Vis. Der synes saaledes af disse Stoffer i selve Mikroorgsnismernes Legemer at kunne opstaa Proteïnstoffer. Omvendt kan der, som tidligere berørt, af Proteïnstoffer ved lignende Reaktioner, der gaar i modsat Retning, opstaa Amider, Amidosyrer, Aminosyrer eller Aminer, der ved *Hydrolyse* omdannes til Ammoniumforbindelser. En i Gødning meget almindelig foregaaende Hydrolyse, der foraarsages af „*Urobakterier*", er *den ammoniakalske Gæring*, hvorved Urinstof omsættes til Ammoniumkarbonat:



$$CO\begin{matrix}NH_2\\NH_2\end{matrix} + 2H_2O = CO_3\begin{matrix}NH_4\\NH_4\end{matrix}$$

Karbamid (Urinstof) — Ammonium-karbonat

Ammoniumforbindelserne i Jordbunden omdannes, som tidligere omtalt, let af forskellige Bakteriearter til Nitrater, der atter kan komme baade det højere og lavere Planteliv tilgode. Betingelserne herfor er dog som anført en passende Temperatur, en ikke for stor Fugtighedsgrad, rigelig Adgang af Luft samt Baser — i Alm. Calciumkarbonat — der kan binde den opstaaede Salpetersyre. Er disse Betingelser ikke til en vis Grad til Stede, kan Salpeterbakterierne ikke trives. Mangler der saaledes Kalk i Jordbunden og udelukkes Luften (Ilten) fx. ved for tæt Lejring af de organiske Affaldsmasser paa Jordoverfladen, træder *Svampene* i Forgrunden, medens de i luftfyldt god Muldjord er mere tilbagetrængt, saaledes at Bakterierne, som nævnt, i saadan Jordbund har Overvægten.

Naar vi nærmere vil undersøge Svampenes ejendommelige Indflydelse paa Omdannelsen af de organiske Stoffer i Jordbunden, maa vi derfor vende os bort fra den af Agerbrugsredskaberne og Regnormene bearbejdede og forarbejdede Muldjord og vende os til Jordbunden andre Steder i Naturen.

Mordannelse. I Skove og paa Heder dannes der ved Planteaffaldets tætte Sammenlejring under Svampenes Indflydelse en tørvagtig Masse — Mor — der har en fra den tidligere beskrevne jordblandede Muld meget forskellig Karakter. Undersøgelserne af Moren skyldes ligesom for Skovmuldens Vedkommende i første Række den danske Forsker *P. E. Müller.* I Skovjordbunden er Mordannelserne mest karakteristisk udviklet under Bøgebevoksninger, men kan ogsaa forekomme under Eg og Gran. I de tidligere omtalte „Studier over Skovjord“ bliver, efter at Muldens Dannelsesmaade og den for Mulden karakteristiske Bundvegetation er omtalt, Morens Dannelse beskrevet paa følgende Maade: Bøgemor. „Denne Humusform . . . adskiller sig i sin typiske Form iøjnefaldende fra Bøgemulden ved sin Vegetation. De mest karakteristiske Planter for Bøgemoren er Bølget Bunke *Aira flexuosa* og Skovstjerne *Trientalis europaea.* I nogenlunde sluttede Bøgeskove, hvor Jordbunden er dækket af denne Humusform, er disse to Planter omtrent lige hyppige, og Bunken optræder kun i spredte Smaatuer, men stilles Skoven mere lyst, saa udbreder den sig stærkt paa Skovstjernens Bekostning. Mellem disse Planter findes i den ikke fuldt aabnede Skov en rig Mosvegetation . . .“ Müller viser dernæst, hvorledes der i mere lyststillede Bevoksninger foruden de nævnte Planter kan indfinde sig et helt ejendommeligt Plantesamfund, Skovstjerne, Majblomst, Koføde, Tormentil, Blaabær m. m.), som er blevet benævnt Skovstjerne-Vegetationen i Modsætning til Skovmærke-Vegetationen paa Muldjorden i Skove. Om Jordbundens Udseende lyder Beskrivelsen: „I den nogenlunde sluttede Bøgeskov med Morlag er Bunden kun sparsomt dækket af den omtalte Vegetation (d. v. s. „Skovstjerne-V.“); den synes fattig bevokset, og Ris og Smaapinde, hist og her nogle Bladrester, danner Overfladen mellem Mosset og de sparsomme og uanselige phanerogame Planter. Men hvad der er endnu mere iøjnefaldende, er, at der paa Morbunden mangler det løse Bladdække, som overalt dækker Mulden. Jordbunden er fast og giver ikke mere efter for Foden end et tykt Filttæppe over et fast Underlag. Dens Overflade er saa tæt, at Regnvandet selv paa løse Sandjorde kan danne Pytter, naar Moren har draget sit Filt over Jorden, men er dette Dække efter længere Tids fugtigt Vejrlig først gennemblødt, saa kan det være vanddrukket som en Svamp, medens den umiddelbart derunder forekommende Jord er tør . . . Allerede med det blotte Øje og ved Anvendelsen af Loupen viser det sig, naar man sønderdeler det sejge filtagtige Mortæppe, at Bøgeskovens Affald af Blade, Knopskæl, Blomster og Frugtskaale tilligemed et uendelig forgrenet Væv af for største Delen fine Rødder*) udgør dette

*) Disse Rødder viste sig ved nærmere Undersøgelse at være Bøgerødder.

Lags Hovedmasse . . . I Morens øverste Parti er Bøgeskovens Affaldsrester nogenlunde hele, der findes en stor Mængde velbevarede Blade mellem Brudstykker af andre. Jo dybere man imidlertid kommer ned i Laget, desto mindre regelmæssig bliver Lagdelingen, desto mere sønderbrudt er Bladresterne og desto mere gennemvæve Rødderne Massen i alle Retninger. I den nederste Del af Moren er Skovens Affald langt stærkere sønderdelt og smuldret i Brudstykker af alle mulige Størrelser og blandet med et fint sortebrunt Pulver . . . Søger man at skille de fine Rodforgreninger fra de døde Blade, paa hvilke de udbrede sig, saa gør de en vis Modstand, hvis Aarsag ikke opdages med det blotte Øje. Den mikroskopiske Analyse viser imidlertid det sammenbindende Element. Den hele Masse, Rødderne saavel som Blade og andet Affald er nemlig overspundet af og gennemvævet med et tæt Næt af fine sortebrune Traade, der synes særdeles sejge og hornagtig haarde. Det er et Svampemycelium, der, udviklet i uendelige Masser, gennemvæver og sammenbinder det hele Lag til det tætte og faste Filt, som Moren udgør."

Den almindeligste Form af disse Svampe har faaet Navnet *Cladosporium humifaciens (E. Rostrup)*, og Müller beskriver, hvor overordentlig stor Modstandsevne mod destruerende Indflydelser dette Svampemycelium har og viser at Morens Sammenhæng og filtede Beskaffenhed for en meget væsentlig Del skyldes Svampemyceliets Tilstedeværelse og den Maade, hvorpaa det er sammenvævet med de fine Bøgerødder. Medens Mulden var Virkepladsen for en stor Mængde forskellige Dyreformer (Mus, Mulvarpe, Insekter, Regnorme m. m.) er Moren bortset fra Svampemyceliet næsten blottet for levende Væsener. Resultatet af Undersøgelserne over Morens Beskaffenhed sammenfattes paa følgende Maade: „Moren er saaledes at opfatte som en paa dyrisk Liv yderst fattig Aflejring af Bøgeskovens Affaldsmasse sammenbundet til en fast Tørv af Bøgerødder og et meget varigt Svampemycelium. Under Moren er Overgrunden fast og adskilt i Blysand og Rødjord." . . . Denne Indvirkning af det humusrige Dække paa de underliggende Lag vil senere blive omtalt.

Efter *P. E. Müllers* Undersøgelser ligner Mordannelsen paa Lyngheder i alle væsentlige Henseender — ogsaa med Hensyn til den Rolle Svampemyceliet spiller — den beskrevne Mordannelse i Bøgeskove.

I Naturen indeholder saavel Skovmor som Lyngmor som mere tilfældige Urenheder indblandet en større eller mindre Mængde ($^2/_3$—$^1/_3$ af Massen) uorganisk Materiale — Sand og Grus — der dels stammer fra Underlaget, dels ved Vandets eller Vindens Virksomhed er blevet ført hen ovenpaa Moren og i Tidens Løb indblandet i den. Ser man

bort herfra bestaar den egentlige Mor kun af de mere eller mindre omdannede Planterester og de af disse Rester levende Svampe, altsaa af organisk Stof. I de øverste Dele af Moren er Planteresterne endnu kun lidt omdannet, men længere nede er der foregaaet en mere gennemgribende Forandring, saa at Massen ved Behandling med en Alkaliopløsning giver en mørkfarvet Væske, der indeholder humussurt Salt. Humusstofferne i Moren er i kendelig Grad kvælstofholdige, saa at Kvælstofindholdet kun udgør 2—3 % af det tørre askefri Stof. Noget af Kvælstoffet skyldes de kvælstofholdige Stoffer i Planteresterne, men noget maa sikkert ogsaa hidrøre fra Svampemyceliet, da Svampene efter *P. Ehrenberg's* Undersøgelser i ganske særlig Grad besidder den Egenskab at kunne saa at sige magasinere Kvælstof i meget vanskeligt dekomponible Kvælstofforbindelser[56]). Under almindelige Forhold er Kvælstoffet i Mordannelserne ikke mere tilgængelig for Plantevæksten, men naar Morlaget bliver mekanisk sønderdelt ved dertil egnede Redskaber (Pløjning, Behandling med „Knivharve“ m. m.) og blandet med Kalk eller Mergel, kan der foregaa en Omdannelse af de uopløselige Kvælstofforbindelser til Ammoniumsalt og Nitrater paa tidligere omtalt Maade. Samtidig hermed skifter Humusstofferne i Morlaget Karakter. Sejgheden og det faste Sammenhæng forsvinder, Farven forandres fra Tørvs sortebrune til Muldjords sorte Farve, og den sure Reaktion forsvinder ved Kalktilsætningen og Udluftningen. Jordbundsbakterierne, som før var stærkt tilbagetrængt paa Grund af Luftmangelen og Humusstoffernes stærkt sure Egenskaber, bliver nu i særlig Grad virksomme ved de organiske Stoffers Omdannelse. Moren kan derfor ved Kalktilsætningen og ved Blandingen med de underliggende Jordpartikler samt ved de kemiske Forandringer, der foregaar under Jordbakteriernes Virksomhed, efterhaanden forvandles til Muld. Opdyrkning af Heder og Moser*) beror for en væsentlig Del netop paa, at man ad den angivne Vej er i Stand til at foretage Omdannelsen af de sure Humusstoffer i Mor og Tørv til Muld, der kan tjene som Vokseplads for Kulturplanterne.

Marskdannelse. Ligesom Tørv, Mor og Muld hver paa sin Vis er opstaaet ved Organismernes Indvirkning paa deres Omgivelser og ganske eller delvis bestaar af mer eller mindre omdannet organisk Stof, er de forskellige Jordarter, der er knyttet til Marsken, ogsaa i væsent-

*) For Mosernes Vedkommende maa der gaa en Afvanding forud for Opdyrkningen.

lige Henseender at betragte som *organogene* Dannelser, selv om Stoffet, hvoraf de er sammensat, i Hovedsagen bestaar af uorganiske Bestanddele — Sand og Slik — der er flyttet hen paa Lejestedet ved Bølgeslagets, Tidevandets og Strømmens Virkninger, altsaa ved rent uorganiske Kræfter. Marskdannelser findes særlig langs Sønderjyllands og Holstens Kyster og videre vestover til Holland, men lignende Aflejringer er dannet eller er under Dannelse i de store Laguner langs Jyllands Vestkyst (Ringkøbingfjord, Nissumfjord), paa forskellige Steder langs Limfjordens Bredder, og i mindre Maalestok langs mange af Danmarks øvrige Fjordkyster, fx. i Odense Fjord og i Kallebodstrand.

Marsk i sin typiske Form er knyttet til en Kyst; for ret at forstaa det ejendommelige ved Marsken maa vi derfor kalde frem for Erindringen de forskellige Omgangsformer som Hav og Land benytter, naar de mødes. Ved et saadant Møde bliver Kysten til. Den er Resultatet snart af en vild aldrig standsende Kamp for Tilværelsen, snart af et fredeligt Samarbejde mellem Kræfterne, der hersker over Havet og de fra Landjorden udgaaende Virksomheder af uorganisk og organisk Art.

De vigtigste Kystformer i Danmark er følgende:

1) Klippekyster. }
2) Klintkyster. } Højt Land, dybt Vand og Brænding lige ind under Kysten. Ingen eller kun under rolige Forhold synlig Havstokdannelse, da det ved Havets Nedbryden dannede løse Materiale skyller bort. Bortfjernelse af det løse Materiale er en Betingelse for, at Kysten kan blive ved at staa som levende Klint. En død Klint med Havstok foran bliver snart til en Skraaning.

Ex.: Kysten langs Bornholms Granitterræn, Møens Klint, Stevns Klint, en Del af Gilbjerg (Klint V. f. Gilleleje), Bovbjerg.

3) Vindaabne lave Kyster med dybt Vand nær Kysten. Brænding op ad Kysten. Stor Rullestensproduktion, hvis Materialet tillader en saadan. Udprægede Havstokke og Strandvolde.

Ex.: Store Strækninger af Nordsjællands Kyst fra Nakkehoved til Spodsbjerg (en Del er dog Klintkyst), Djurslands Kyst fra Karleby Klint til Mejlgaard, noget af Kysten N. f. Bovbjerg o. m. a. Std.

4) Vindaabne lave Kyster med Fladvand (ofte Revler) udenfor. Brændingen fordelt over et bredt Bælte over Fladvandet ind mod Kysten. Stærk Sandproduktion. Sandflugt og Klitdannelse udgaaende fra Kysten ind over Land.

Ex.: Den største Del af den jyske Vestkyst fra Blaavandshuk til Bovbjerg og store Strækninger N. f. Limfjorden, Bornholms Kyst omkring Dueodde.

5) Mod Brænding beskyttede Kyster. Skal der ved saadanne Kyster i større Grad opstaa Marskdannelse, maa Kysten ikke alene være beskyttet mod Bølgeslagets Virkning, men Kysten maa tillige være fladvandet, helst saaledes at den til Tider lægges tør over større Strækninger og til andre Tider overskylles. Vandet, der overskyller de fladvandede Strækninger, maa indeholde opslemmede Stoffer.

Marskdannelse foregaar paa lidt forskellig Vis paa de forskellige Steder, men som fælles Hovedtræk kan fremhæves følgende Trin i Udviklingen:

1) Fremskaffelse af den uorganiske Del af Materialet til Marskdannelsen (Sand og „Slik") og Transporten af dette Materiale til Lejestedet ved Strømninger og Tidevand.

2) Fastbinding og Omdannelse af det aflejrede Materiale ved Dyrs og Planters Virksomhed paa Lejestedet.

I nogle af sine typiske Former optræder Marskdannelsen langs Sønderjyllands Kyster. Antydninger om, hvorledes Dannelserne er opstaaet, kan ganske vist findes hos flere af de gamle Forfattere som hos *Erik Pontoppidan* m. fl.; men *J. G. Forchhammer*, hvis Fødested laa tæt opad Marsken, var dog den første, som gav en nærmere paa videnskabelige Undersøgelser støttet Beskrivelse af Forholdene. Senere hen er Spørgsmaalet blevet behandlet fra forskellige Synspunkter af flere Forskere og i den nyeste Tid (1890—1904) har *E. Warming* gennem en Række af Afhandlinger dels ved egne dels ved forskellige Medarbejderes Arbejder klaret alle væsentlige Punkter vedrørende de første Trin af Marskdannelsen. I sit senest (1906) udkomne monumentale Værk „Dansk Plantevækst (I, Strandvegetationen) har nævnte Forfatter sammenfattet alle tidligere Undersøgelser og sine egne selvstændige Arbejder over Marskdannelsen i sin Helhed[57]).

Fra nævnte Forfatters Arbejde i 1890 kan hidsættes følgende Beskrivelse af Forholdene ved Vestkysten i Almindelighed:

„Den vesterjyske Bonde skelner mellem 4 Bælter af Land, hvis Natur og Tilblivelse er ham vel bekendt: Geest, Marsk, Forland og Vader. Geesten er det gamle Land med sit Rullestenssand og sine Rullestene; det skylder Istiden sin Oprindelse, og det skraaner jævnt eller med Bakker mod Vest; Lyngheder og Sandmarksvegetation er dets Særkende. Marsken er det i de sidste Aartusinder dannede nye og særlig det af Mennesket inddæmmede Land; dets Jordbund er „Klæg", d. e.: fint Ler, der i fugtigt Vejr er fedtet og klæbrigt, uigennemtrængeligt for Vand, saa at der paa Vejen ved Færdselen opstaar et Lerælte, men som i tørt Vejr kan blive saa haardt og fast, at det revner, og Klumper af det vanskeligt slaas itu; Vegetationen er Græsmark, tildels fremkaldt ved Kunst. Forlandet er det udenfor Digerne liggende, men af Vegetation dækkede Land, Forløber for den inddæmmede Marsk; dog hører man ogsaa Navnet „Marsk" og „Marskeng" anvendt for saadant Land, vistnok især naar den ikke inddæmmede Strækning er meget bred. Bunden er Klæg, og Vegetationen er helt og holdent upaavirket af Kulturen. Udenfor Forlandet kommer endelig Vaderne, d. e.: de Strækninger af Havbunden, der lægges tørt i Ebbetiden, og paa hvilke de første Repræsentanter for Landplanter indfinder sig.

Betingelserne for Marskdannelsen er navnlig to: det stærke Tide-

vande og Flodvandets Rigdom paa uorganiske Smaadele. To Gange i Døgnet er det Flod og to Gange Ebbe; Flodvandet er uklart, graaligt og smudsigt, fordi det er fyldt med utallige, yderst fine mineralske Dele (Ler, Glimmerblade, mer eller mindre fint Sand o. a.), vel ogsaa enkelte organiske Bestanddele; under Højvande er Vandet i Ro, og da synker de medførte Masser, „Slikken“, tilbunds; Døgn efter Døgn og Aar efter Aar højnes Havbunden ved denne „Tilslikning“, og er det end i de allerfleste Tilfælde en yderst ringe Tilvækst, f. Eks. 1 Fod i et Aarhundrede, der finder Sted, saa er der dog ogsaa Eksempler paa en langt stærkere Tilvækst, endog f. Eks. 8" ved en enkelt Isflod (7de—8de Januar 1839), og ved særlige Forholdsregler har man enkelte Steder naaet 6 Fod i 1 Aar.

Før eller senere kommer der et Tidspunkt, da Bunden tørlægges under Ebben, og der findes nutildags i milevide Strækninger et Bælte paa indtil 4 Mils Bredde, som tørlægges under Ebben; dette er „Vaderne“.

Marsken er altsaa i sin Helhed en Række af marine Dannelser af forskellig Karakter, saaledes at den ene af disse Dannelser gaar over i den anden, efterhaanden som Udviklingen skrider frem, og Havbunden højnes ved de stedfindende Aflejringer af uorganisk og organisk Stof. Gaar vi ude fra Havet ind mod Land træffes først:

1) Bændeltangens Region eller Havgræsformationen (*E. Warming*). Strækningen er her bevokset fortrinsvis med Bændeltang *Zostera marina*, andre Steder ogsaa med *Ruppia* el. Havgræsarter. Disse Strækninger er enten helt overdækket af Vand selv ved Ebbetid eller er i hvert Fald kun af og til ved laveste Lavvande halvvejs ovenfor Vandspejlet. Havgræsregionen danner et Bælte eller en Bræmme uden om Landgrunden, men kan ogsaa overdække øformige landløse Grunde og derved give Anledning til Dannelsen af Marskøer. Tangvæksterne danner paa den flade Havbund en tæt Urskov, hvor der hersker Ro og Stilhed. De mange uorganiske Smaadele, som Tidevandet medfører fra Dybet udenfor Landgrunden, faar under Flodtiden Lejlighed til „at sætte sig“ i Tangskovens rolige Vand og danner et Dyndlag, der blandes sammen med de henfaldende Levninger af Plantevæksten og med Ekskrementerne og de døde Rester af den rige Dyreverden af Orme, Smaakrebs, Fisk osv. som bebor Tangregionen. Bundlaget, der herved opstaar i Tangregionen, bestaar derfor af Mudder, der i det allerøverste knap centimetertykke Lag i Reglen er iltet og har brun Farve, men lidt længere nede er sortfarvet tildels af Svovljern, idet de forraadnende organiske Stoffer paa tidligere omtalt Maade (S. 93) reducerer Havvandets Sulfater til Sulfider. Den mørke Farve, som er karakteristisk for Mud-

deret, skyldes dog ogsaa for en Del selve de forraadnende organiske Stoffer, der er blevet omdannet til sortfarvede Humusforbindelser. De i saadant marint Mudder værende Humusstoffer synes i forskellige Henseender at adskille sig fra de tidligere omtalte Humusarter, der opstaar paa Landjorden, men nærmere Undersøgelser om deres kemiske Beskaffenhed synes dog ganske at mangle. Foruden i Marskegnene har Bændeltang-Regionen med Mudderdannelse stor Udbredelse i mange af vore mere lukkede Farvande som Limfjorden, de nordlige Kyster af Øresund, i Isefjords-Komplekset, i Odensefjord og mange fl. Std.

2) Vaderne. Indenfor Bændeltang-Regionen forekommer i Marskegnene meget store ganske flade Strækninger*) Vaderne, der ligger tørt ved Ebbe, men er oversvømmet ved Flodtid. Netop Vadernes store Udstrækning udgør det karakteristiske Træk for Marskegnene, hvorved de adskiller sig fra andre Kyster med roligt Vand, fx. Øresundskysten. Her har Strækningen, der svarer til Vaderne, mange Steder kun nogle faa Alens Bredde og Marskdannelsen er umærkelig, medens der andre Steder, hvor Kysten er meget fladvandet, saa at den ringe Forskel mellem Høj- og Lavvande kan gøre sig gældende, findes en ganske vist ikke meget udstrakt, men dog kendelig Marskdannelse fx. i Nivaa Bugt, ved Svaneklapperne paa Saltholms Sydkyst, i Kallebodstrand baade paa Amagersiden ved Koklapperne og paa Sjællandssiden ved Avedøre-Holme. Noget mere udstrakte vadelignende Strækninger med medfølgende Marskdannelse findes i Odensefjord: ved Lumby-Kvissel, Hasseløre-Kvissel, Seden-Kvissel m. fl. Std. Langs Laalands Kyster sker ogsaa nogen Marskdannelse paa flere Steder, men paa intet af de nævnte Lokaliteter kan dog Marskdannelsen sammenlignes i Udstrækning og Mægtighed med disse Dannelser langs Sønderjyllands Vestkyst, da Vaderne her som nævnt har en meget stor Udstrækning og der tillige er stor Forskel i Vandhøjde mellem Ebbe og Flod samtidig med at Havvandet indeholder en Mængde opslemmede Stoffer. De ret udstrakte Landdannelser i de store vestjyske Laguner er ikke egentlige Marskdannelser, men skylder de af Ferskvandsstrømmene medførte Jordpartikler deres Oprindelse og er altsaa at betragte som Deltadannelser dog med en meget marsklignende Karakter, da det væsentlig er de samme Dyr og Planter, der er virksomme i Lagunerne (fx. Ringkøbingfjord) som ved Vaderne paa Vestkysten.

Om disse Vaders forskellige Karakter meddeler *E. Warming* (1904) bl. a. følgende:

„Der er to Slags Vader: Sandvader og Slikvader, henholdsvis dannede af Sand og Slik, der af Strømmene fordeles efter deres forskellige

*) Ved Manø er Vaderne over 30 Km. brede.

Vægtfylde hver paa sit Sted, nemlig Slikken, d. e. de finere og lettere Dele, dèr, hvor der er mest Ro i Vandet, Sandet paa de mindre rolige Steder.

Et Eksempel herpaa ses bl. a. ved Sønderho. Denne lille By ligger som bekendt paa Sydenden af Fanø, ved en ringe mod Sydost vendt Indbugtning af Landet. Den sydligste Ende af Bugten naaer ned til den allersydligste Ende af hele Fanø; her fører Strømmen vesterfra Sand ind over Vadehavet, og Flyvesandet kommer for vestlige og nordvestlige

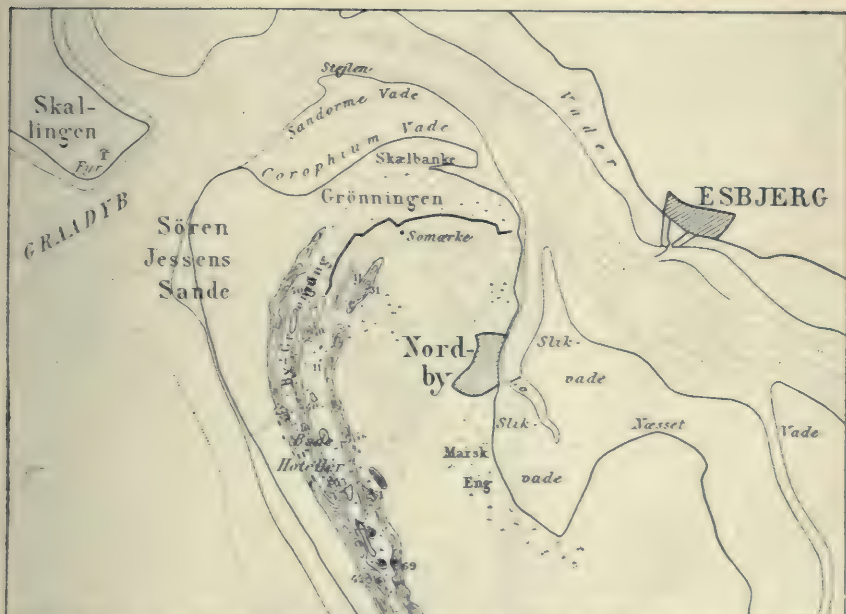


Fig. 10. Kaart over den nordligste Ende af Fanø og det tilstødende Vand. (Efter *E. Warming.*)

Vinde strygende hen over Vesterstranden og bøjer ved Sydenden om og føres ogsaa ud i Havet lige Øst for Sydspidsen. Vi faar da her en typisk Sandvade. Men jo længere man fra denne gaar mod Nordøst, desto roligere bliver Forholdene, desto flere fine Dele af Ler, Glimmer, organiske Rester o. a. kan der bundfældes, og ved Sønderho selv, ved den nordligste Ende af Bugten, er der en typisk Dyndvade, en „Slikvade". Forskellen mellem Yderleddene er yderst paafaldende; Sandvaden har en fast Bund, paa hvilken man med Lethed gaar og kører; Slikvadens Bund er et blødt Dynd, i hvilket man synker ned ikke blot over Anklerne, men ofte helt op til Knæerne. Mellem de to Yderled findes naturligvis jævne Overgange.

Den samme Modsætning mellem Sand- og Slikvader findes ved Nordenden af Fanø. Her ligger mod Vest en stor Sande, der paa

Generalstabens Kort kaldes Søren Jessens Sande (hvilket Navn dog efter Søkortene rettelig tilkommer nogle Grunde langt vesterude i Havet), der i Nordøst gaar over i en Sandvade. Fortsætter man fra denne mod Øst og Sydøst og naaer om paa Østsiden af Øen, vil man, navnlig i Bugten ved Nordby, finde en meget typisk Slikvade".

Ved Dannelse af Sandvaderne spiller forskellige Dyreformer en stor Rolle og giver derved disse Sandstrækninger en noget forskellig



Fig. 11. En Del af en Sandvade set lige ovenfra med Sandormeskud, der tildels blev dannet, medens Fotografiet optoges, og Sandormetragte. Tillige ses Bølgeslagslinjer. (Efter *E. Warming.*)

Karakter. Nogle Sandvader er fortrinsvis beboede af Sandormen *Arenicola marina* og har derfor faaet Navn Arenicola-Vader (*C. Wesenberg-Lund*) og andre Strækninger fortrinsvis af Krebsdyret *Corophium grossipes* og kaldes derfor Corophium-Vader. Sandormen, der i utalte Millioner bebor Sandorme-Vaderne, danner sig et U-formet Rør i Havbunden. I Almindelighed sidder den gemt i Røret med Mundaabningen vendt mod Rørets ene Ende, Gataabningen mod den anden. Den lever af de smaa Organismer, der findes i Sandet, og er derfor nødt til at sluge store Masser Sand, saa at der ved Mundenden af Røret opstaar en tragt- eller tallerkenformet Hulning i Vadens Overflade. Sandet, der passerer gennem Ormens Indre, blandes med og indhylles i Slim fra Tarmvæggene og aflægges ved Gatenden af Røret som karakteristisk

formede Ekskrementdynger, som det fremgaar af Fig. 11 efter et Fotografi velvilligst meddelt af Prof. *E. Warming*.

I Sandorme-Vaderne lever foruden Sandormene forskellige Skaldyr navnlig Hjertemusling *Cardium edule* og Tallerkenskæl *Tellina baltica* m. fl. Disse Dyrs døde Skaller skyller ofte sammen i tusindvis og danner Skalbanker af ikke helt ringe Udstrækning. De henfaldende og søndermalede Kalkskaller bidrager noget til at frugtbargøre Vaderne. Paa Strækninger, hvor der er lidt mere Læ end paa Sandorme-Vaderne, optræder andre Dyreformer navnlig det lille Krebsdyr *Corophium*. Deres Betydning for Marskdannelsen er allerede fremhævet af *E. R. Grove* (1857), og senere hen er deres Liv og Virksomhed ved Marskdannelsen nærmere undersøgt af flere navnlig af *Th. Mortensen*[58]) og *C. Wesenberg-Lund*[59]). Som angivet paa Kaartet Fig. 10, findes der ved Fanø ikke saa ringe Strækninger af Corophium-Vader, men i endnu langt mere udpræget Grad er denne Jordbundsform udviklet i Ringkøbingfjord og er derfra beskrevet af Th. Mortensen. Paa Østsiden af Tipperne findes de store Vader Værnsande, hvor der ved Højvande kan staa op til $^{2}/_{3}$ M. Vand, men som i Almindelighed ligger omtrent tørre. Bunden bestaar af grovt Sand, dækket med et knap centimetertykt Lag af rødbrunt Dynd. I og paa Dyndet trives et rigt dyrisk Liv af Krabber, Hesterejer, Orme, Smaakrebs, den lille Snegleart *Hydrobia ulvæ*, forskellige Arter Smaafisk og Unger af større. Det egentlige Karakterdyr er dog Slikkrebsen *Corophium grossipes*. Af disse Dyrs Færden har deres Biograf *Th. Mortensen* givet følgende Beskrivelse:

„Graver man et Sted, hvor Bunden er tør, en lille Klump op, ser man, at den er aldeles fuld af smaa, omtrent en Tomme dybe Rør, der er bøjede som et U. I hvert Rør sidder et lille, c. $^{1}/_{4}$—$^{1}/_{2}$" langt Krebsdyr, som især udmærker sig ved sit enormt udviklede andet Par Følehorn (Antenner). Det er *Corophium grossipes*. Rørene sidder ganske tæt sammen, saa tæt, at det næsten er umuligt at finde en lille Plads, hvor der ingen Rør er. Indvendig er de ganske glatte; begge Mundingerne er lukkede af det omtalte rødbrune Dynd, som dækker hele Bunden.

Betragter man Bunden nøjere paa Steder, hvor der er ganske lidt Vand over, ser man hist og her en lille Klump Dynd blive løftet lidt op; et Par *Corophium*-Antenner stikker frem, og snart kommer Dyret op med hele Forkroppen, føler omkring med Antennerne, griber en lille Klump Dynd med dem, trækker sig hurtigt tilbage i sit Rør dermed og lader Dyndet lukke Hullet igen. Der sidder den saa nede i Røret og fortærer, hvad den bragte med ned. (Formodentlig er det især Infusionsdyrene i Dyndet, der udgør de ernærende Dele deri.) Har den fortæret det, kommer den frem igen for at søge sig en ny Klump Dynd — hvis

den faar Lov at være i Fred og Ro saalænge. Ovenpaa Dyndet ser man en Del *Corophium* kravle om; hvert Øjeblik borer en saadan husvild *Corophium* sine lange Følehorn ned i Dyndet for at undersøge, om der ikke skulde være et Hul, den kunde komme ned i — det vilde jo være nemmere end selv at grave et nyt. Der behøves heller ikke lang Søgen, før den finder et Hul, og øjeblikkelig kryber den ned i det. Er den nu saa uheldig at komme ned i den Ende af Røret, hvor Ejermanden sidder, bliver der naturligvis en hæftig Kamp mellem dem inde i Røret, og kort efter ser man Røveren komme i en Fart baglænds op. Ufortrødent søger den videre, og er vel tilsidst saa heldig at komme ned i den tomme Ende af et Rør, saa den kan anfalde Ejermanden i Ryggen — saa maa denne fortrække, overlade Røveren sit Hus, og selv gaa paa Rov efter et nyt. Saaledes gaar det i en fortsat „Bytten Gaarde". De, der maa kravle om paa Overfladen, er naturligvis mest udsatte for at blive spist af Fuglene, saa det er ikke til at undres over, at de gerne hurtigst muligt vil have sig et Rør at skjule sig i.

Hvor Vandet nylig er sunket, saa Dyndet endnu er vaadt og blødt, ser man en Mængde uregelmæssige Spor; det er *Corophium*, der frembringer dem, naar den kravler afsted, idet den lige som hager sig frem med sine Antenner. Dermed skal det ikke være sagt, at den ikke ogsaa benytter Benene.

Man gør sig vanskelig noget Begreb om, i hvilke Masser dette lille Krebsdyr lever her. De afkastede Hude af den ligger i hele Bunker, skyllede sammen i smaa lune Kroge. Hele Bunden er som gennemvævet med *Corophium*-Rør. Det er indlysende, at dette Dyr maa spille en stor Rolle i Stedets Økonomi".

Ved at fastbinde Slikpartiklerne, ved de døde Rester af Dyrene og ved den uhyre Masse Ekskrementer, Dyrene efterlader i inderlig Blanding med Jordbundens uorganiske Dele, udretter Slikkrebsene et overordentlig stort frugtbargørende Arbejde paa Corophium-Vaderne, der derved forhøjes og forberedes til at modtage en Vegetation, der fuldfører det næste Trin i Marskdannelsen. Dette Udviklingstrin findes i et Bælte indenfor Vaderne og er, som *E. Warming* har vist, karakteriseret ved den massevise Forekomst af Sandalger. Strækningerne, som huser denne Flora, kan derfor benævnes: Sandalgernes Bælte. Ved Beskrivelsen heraf kan vi atter henholde os til *E. Warming's* Undersøgelser. I „Dansk Plantevækst" (I, Strandvegetationen, 1906, S. 134) skrives herom:

„Fra Havbunden og Vaderne med deres Sandorme og Slikkrebs stiger vi umærkeligt til et lidt højere Niveau, til det Bælte af Stranden, der i længere Tid ligger over Vandet, men meget ofte, i alt Fald ved Springfloder eller andet Højvande, overskylles af dette, og paa hvilket

endnu ingen Vegetation af Blomsterplanter kommer til Udvikling. Ved vore fleste Kyster er dette Bælte meget smalt, lader sig mangen Gang næppe paavise; men ved Vesterhavets Kyster ser vi det udviklet i forbavsende Udstrækning og Tydelighed, saa at man ikke kan tvivle om, at der virkelig er Grund til at tale om et Bælte, der er lige forskelligt fra Vadernes og fra det højere liggende, de saltyndende Blomsterplanters. Medens Sandvaderne, som alt omtalt, er meget plantetomme, optræder der her en højst karakteristisk Plantevækst, som jeg benævner Sandalgernes Formation. Ganske vist kan vi se den samme Vegetation paa den ene Side gaa ud paa Corophiumvaderne, der daglig overskylles af Floden, og paa den anden Side ogsaa optræde i det næste Bælte, Kvellerbæltet, men der er dog et tydeligt Bælte, hvor der hverken trives Slikkrebs eller Kveller, og som kan have en Bredde, der maa regnes i Hundreder af Metre. Til Trods for den Udstrækning og til Trods for, at der er Steder, hvor det Maaneder igennem ikke overskylles, maa man dog kunne betragte det som en Del af Æstuariet eller Fjæren. Hvad det kommer an paa for denne Vegetations Udvikling er aabenbart en vis Fugtighed i Sandbunden, der paa de højere liggende Dele af Bæltet naaes derved, at Grundvandet staar nær Overfladen, saa at Sandet lige til denne bliver fugtigt og bindes sammen.

I dette vaade Sand lever mange mikroskopiske Alger, som ved deres store Mængde i visse Tilfælde giver Sandet en egen Farve, og som for en Dels Vedkommende spiller en meget vigtig Rolle ved, lig Slikkrebsene, at binde Sandet sammen og forberede en Vegetation af Blomsterplanter."

Paavisningen af visse Algeformers sand- og slikbindende Virksomsomhed kan, som E. Warming gør opmærksom paa, føres tilbage til *N. Hofman-Bang*. Ved hans Undersøgelser i Begyndelse af forrige Aarhundrede „Om Konfervernes Nytte i Naturens Husholdning" (paa Latin 1817 senere paa Dansk) viste han, hvorledes navnlig en Algeform, der benævntes *Conferva chthonoplastis* (Jorddanneren) er virksom i Odense Fjord, hvor den aarlig forhøjer Havbunden paa de Steder, hvor den vokser, da dens fine slimede Traade tilbageholder de Sand- og Lerpartikler, der ved Vandbevægelserne under Høj- og Lavvandets Vekslinger føres hen over Bunden, medens Traadenes øvre Endespidser stedse forlænges og vokser frem over det sidst afsatte Jordlag. Den saaledes højnede Bund kan som en lav Holm rage op over Havfladen, og til Slutning indfinder der sig andre Planter, der gødet af de henraadnende Alger og talrige Søfugles Ekskrementer efterhaanden danner først Tuer senere hen en tæt og fast Græstørv. I Fig. 12 er efter *N. Hartz* gengivet en saadan begyndende Holmedannelse fra Ringkøbingfjord. Vegetationen her paa de lavere tildels endnu under Vandoverfladen

værende Holme er i Hovedsagen dels Sumpstraa, dels Strandkogleaks. Andre Steder er det andre Planter, hvad der dels afhænger af Jordbundsbeskaffenheden dels ogsaa af Vandets Saltholdighed. Ved Marsken er der flere Saltplanter, der i en vis bestemt Rækkefølge indfinder sig, efterhaanden som Jordbunden bliver højere og Saltet mere udvasket.

Det yderste Bælte af „de saltyndende Blomsterplanters Formation" (*E. Warming*) udgøres af Kveller *Salicornia herbacea. L.* Allerede Forchhammer beskriver den store Betydning, denne etaarige Blomsterplante, epr kun kan vokse paa fugtig og saltholdig Bund, har for Marskdannelsen. Dens mange vandrette Smaagrene breder sig ud og danner et



Fig. 12. Begyndende Holmedannelse i Ringkøbingfjord.
(Efter *N. Hartz.*)

Fangenet for Slikpartiklerne, som medføres af Højvandet, og som i Kvellerbæltet faar Ro til at afsætte sig og højne Jordbunden. Mange Steder støtter Marskboen ogsaa denne Virksomhed ved at føre Grøfter ud fra Kysten. Paa de opkastede Grøftevolde, der under Højvande befugtes af Havvandet, trives Kvelleren godt og giver derved Anledning til en Landhøjning, saa at forskellige Græsarter og andre Engplanter kan indfinde sig. I Grøfterne vokser Bændeltang, der som tidligere beskrevet ogsaa holder paa Slikken, saa at Grøfterne efter nogen Tids Forløb er fyldt med ny Slikmasser, der atter kan kastes op og forhøje Bedene mellem Grøfterne, indtil Landet endelig er blevet „digemodent" d. v. s. forhøjet saa stærkt, at der nu kan vokse en Plantevækst, som det lønner sig at udnytte, saa at et Digeanlæg til Beskyttelse mod Højvandet kan blive rentabelt.

De ved Landhøjningen opstaaede Syltenge har en noget forskellig Bevoksning, efter som Grundvandet staar tæt ved Overfladen eller noget dybere nede. *A. Mentz*, der særlig har undersøgt disse Forhold, skelner

mellem to Hovedformer, nemlig Harril-Enge, hvor Grundvandet staar højest og som i overvejende Grad er bevokset med Harrilgræs *Junçus Gerardi*, og Ruggræs-Enge, hvor Grundvandet staar lavest. De er dækket med Ruggræs eller Eng-Byg *Hordeum secalinum*. De to Yderformer Harril-Engen og Ruggræs-Engen er dog, som Mentz viser, forbundet med alle tænkelige og ganske jævne Overgange.

Om disse Enge i Marsken ved Ribe skriver *A. Mentz* (Hedeselskabets Tidsskrift Dec. 1906) følgende:

„Med Hensyn til den økonomiske Betydning af disse Enge regnes Harril-Engene i Almindelighed for langt de bedste, skønt Harril er en Plante, hvis økonomiske Værdi er meget omstridt; Enge, hvori andre „fede Græsser", saasom Kryb-Hvene er rigelig indblandet, vurderes dog højest.

Derimod er de egentlige Ruggræs-Enge sikkert mindre værdifulde, idet Ruggræs er et ret stift og næppe særlig næringsrigt Græs; kun hvor „bløde Græsser", saasom Rajgræs, den i Ruggræs-Engen forekommende Form af Kryb-Hvene, Hvidkløver o. a. har faaet nogen Magt, bliver Ruggræs-Engen mere værdifuld.

Hovedmassen af disse Enge benyttes for Tiden til Slet og Afgræsning og i Hundreder af Aar har denne Benyttelse været den overvejende. Erstatning for de vundne Afgrøder er aldrig tilført.

Da Engene, og især de højest liggende, Ruggræs-Engene, imidlertid ikke har givet saa stort et Udbytte som ønsket, er man, som allerede tidligere nævnt, i stor Udtrækning gaaet over til en Befugtning af dem, saaledes i Darum, Vilslev, Hillerup, N. Farup og visse Dele af Ribe Enge. Ved Inddigning med lave Diger („Sommerdiger") og Vanding med Aavand er det lykkedes at frembringe en større Produktion, der ikke alene betinges af en kraftigere Vækst af de oprindelige Planter paa Engene, men ogsaa af en Invasion og fyldigere Udvikling af de værdifulde Planter: Rajgræs og Hvidkløver."

Overgrundens Indflydelse paa Undergrunden.

Som vist i det foregaaende kan der dels ved Dyrs og Planters Virksomhed, dels ved rent uorganiske Kræfters Indgriben opstaa et øvre Jordlag: en Overgrund. Den bestaar dels af mer eller mindre omdannet Materiale fra Undergrunden dels af andet Steds fra tilkommende Stof. I de to vigtigste Overgrundsformer Muld og Mor var Mulden, som vist, væsentlig at betragte som en Dannelse frembragt ved en inderlig Blanding mellem Materialet fra Undergrunden og de ved Organismernes Virksomhed opstaaede „organiske Stoffer". Humusstofferne i Mulden gav ganske vist den muldede Overgrund den mørke Farve og havde ogsaa i andre Henseender væsentlig Indflydelse paa Overgrundens Beskaffenhed, men kvantitativt set var de kun tilstede i forholdsvis meget ringe

Mængde — sjældent over 5 % og i Reglen kun det halve — i Forhold til de uorganiske Stoffer, der hidrører fra Undergrunden. Mellem den humusholdige mørke Muld og den helt humusfri Undergrund er der i Reglen ikke nogen skarp Grænse, men en mer eller mindre mægtig Grænsezone, der opad umærkelig gaar over i Muld, nedad i Undergrund. Mordannelserne kan derimod kvantitativt set bestaa ganske overvejende af aflejret organisk Stof, og selv om der ofte findes en ikke helt ringe Del uorganisk Materiale, der stammer fra Undergrunden, har det mere Karakteren af en tilfældig Indblanding end af en væsentlig Bestanddel, de organiske Stoffer er og bliver Hovedbestanddelen og det for Mordannelserne egentlig ejendommelige. Aflejringen af saa store Mængder organisk Stof, der, som tidligere omtalt, har en udpræget sur Karakter, kan faa stor Indflydelse paa de omliggende Jordlag og kan i kemisk Henseende frembringe karakteristiske Omdannelser af Undergrunden, saa at der mellem den egentlige Overgrund Morlaget og den uforstyrrede naturlige Undergrund opstaar mer eller mindre mægtige karakteristiske Mellemlag, der fuldkommen skarpt adskiller sig saa vel fra den overliggende Mor som fra den upaavirkede Undergrund. I Fig. 13 er efter *C. F. A. Tuxen* gengivet et Snit gennem en Hedeflades Jordbund fra oven nedad, som viser de forskellige Jordlags Følgeorden. Øverst findes Lyngskjolden, som danner et sejgt tørveagtig Morlag, i hvis øverste Del Lyngen vokser.

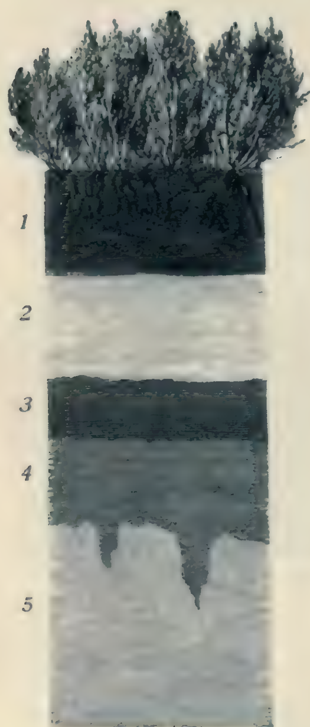


Fig. 13. Profil af Hedejord. *1* Lyngskjold; *2* Blysand; *3* Sort Ahl; *4* Brun Ahl; *5* Undergrunden.

Lyngskjolden er rig paa Humusstoffer med en sur Karakter og har en Mægtighed op til c. 35 Cm. Derunder følger Blysand, der i Hedefladerne bestaar af næsten rent Kvartssand af graahvid Farve. Mægtigheden er omtrent som Lyngskjoldens, naar Dannelsen har faaet sin fulde Udvikling. Derunder følger Ahllaget, der kan have en sandstenlignende Karakter men ofte er mindre fastsammenhængende jordagtig. Den øverste Del den sorte Ahl er meget mørkfarvet af Humusstoffer, den nedenunder liggende brune Ahl har en rødbrun Farve og kan gaa

tap- eller grydeformigt ned i Undergrunden. Den kan være løs og jordagtig og kaldes i saa Fald Rødjord. Under Ahlen følger den upaavirkede Undergrund. Man kan i Skove og paa Heder træffe disse Mor-, Blysand- og Ahllag i meget forskellige Udviklingstrin og med meget forskellig indbyrdes Mægtighed, men Lagfølgen er altid den samme og Oprindelsen ligeledes.

At det virkelig er Humuslaget: Moren paa Jordoverfladen, der er Aarsagen til de omhandlede ejendommelige Mellemlag, fremgaar med fuld Sikkerhed af de derover fra forskellig Side anstillede Undersøgelser, men skønt man gennem Iagttagelser af Naturforholdene længe har kendt disse Dannelsers Forekomst, har man dog ikke altid været klar paa deres Oprindelse. En Tid lang ansaa endog fremragende Forskere som fx. *J. G. Forchhammer* disse Aflejringer for selvstændige Dannelser, der som andre Lagfølger i Naturen var blevet aflejret efterhaanden det ene Lag ovenpaa det andet, saa at altsaa det underste var det ældste. Ahlen blev anset som en Sandsten oprindelig aflejret som Sand i et Hav eller ved en eller anden Vandbevægelse og Blysandet som et andet selvstændig Lag aflejret paa samme eller paa anden Maade, hvorefter til Slutningen Morlaget var fremkommet ved Planternes Virksomhed. Som allerede omtalt (2. Bd. S. 150) antydede *E. Dalgas* 1866 den rigtige Forklaring af disse Lags Fremkomst uden dog at give nærmere Bevisligheder for sin Antagelse, hvad der heller ikke med rette kunde forlanges af ham i den Sammenhæng, hvori den fremsatte Hypothese fremkom.

Nærmere Klarlæggelse af Overgrundens Indflydelse paa Undergrunden er derimod fremsat af *P. E. Müller* i denne Forskers tidligere nævnte Arbejder [35]), og senere hen er Spørgsmaalet undersøgt af andre Forskere i Udlandet. De sure Humusstoffer og den i dem udviklede Kulsyre angriber ved Nedsivning i vandig Opløsning de underliggende Jordlags Mineralpartikler. I det Ydre giver dette sig til Kende ved en Blegning eller Affarvning, der dels skyldes Feldspatbrudstykkernes Kaolinisering dels Opløsningen af de mørke jernholdige Mineraler (mørk Glimmer, Hornblende, Magnetjernsten). I ren Tilstand vil derfor det af Humussyrene og Kulsyren gennemsivede og udtrukne Jordlag Blysandet have en næsten helt hvid Farve, da der kun bliver Kvarts, kaoliniseret Feldspat og maaske lidt afbleget Glimmer tilbage. I Naturen er Blysandets Farve dog ofte noget graalig paa Grund af lidt nedslemmet Humus. Den underliggende Ahl er at anse som et Koncentrationsprodukt, der indeholder dels de i den oprindelige Jordbund værende Bestanddele, dels den største Mængde af de oprindelig i Moren og Blysandet værende Stoffer (Humussyre, Ferri- og Aluminiumoxyd samt

Fosforsyre), som Vandet har ført med sig paa sin Vandring nedad og atter af en eller anden Grund afsat igen i dette Lag. Dette kan oplyses ved følgende Analyser, der i sin Tid (1877) blev udført af *C. F. A. Tuxen* i Tilslutning til ovennævnte Arbejder af *P. E. Müller*.

Prøverne er fra en Hedeflade i Birkebæk Plantage nær Herning.

		Opløselig i Saltsyre:			Ialt opl. i
	Humus	Fe_2O_3	Al_2O_3	P_2O_5	Saltsyre
I Lyngskjold	13,0 %	0,14 %	0,38 %	0,029 %	0,61 %
II Blysand	1,7 -	0,05 -	0,09 -	0,005 -	0,17 -
III Rødjord	11,7 -	0,79 -	0,80 -	0,089 -	1,67 -
IV Det underliggende Fladesand ...	1,2 -	0,63 -	0,19 -	0,008 -	0,85 -

I det hele taget er altsaa Ahllaget (Rødjorden) betydelig rigere paa Humus og paa Stoffer, der lader sig opløse i Saltsyre end saavel Blysandet som det underliggende Fladesand. Det samme fremtræder ogsaa tydelig af Analyser af Lagene fra et Profil fra Heden paa Skovbjerg Bakkeø udført af samme Undersøger i samme Anledning:

	Humus	Ialt opl. i Saltsyre
I Lyngskjold	34,9 %	0,94 %
II Blysand	2,6 -	0,49 -
III Rødjord..............	10,5 -	4,17 -
IV Underliggende Sand.....	2,0 -	3,37 -

Den russiske Jordbundsforsker *J. Mischtschersky* har nærmere undersøgt den kemiske Side ved Humusstoffernes Indvirkning særligt paa feldspatholdige Bjergarter[60]). Han viser saaledes, at findelt Orthoklas let sønderdeles ved Ophedning til 115° i tilsmeltede Rør med Humusstoffer og Vand. Humusstofferne omdannes herved dels til Kulsyre (og Vand) dels til „mineralske Humusforbindelser“, d. v. s. Alkalisalte af Humussyre, medens Resten af Feldspaten kaoliniseres. En lignende Omdannelse kan ofte iagttages i Naturen, naar feldspatholdige Stenarter udsættes for Paavirkning af sure Humusstoffer. Granit fx. kan ved at henligge i Hedehumus eller i Mosejord blive fuldkommen affarvet paa Overfladen. I Fig. 14 er efter Fotografi gengivet en Rullesten af rødlig Granit, som i Sommeren 1909 blev optaget nær Overfladen af en lille Moselavning ved Bovbjerg. Af Stenen blev der afslaaet en lang Flis,

saa at det Indre kommer til Syne. Stenens Overflade er helt hvid og Feldspatpartiklerne kaoliniserede, men denne hvide Skorpe er kun nogle Mm. tyk. Indenfor den kommer et tykkere mørkebrunt Bælte af humus-

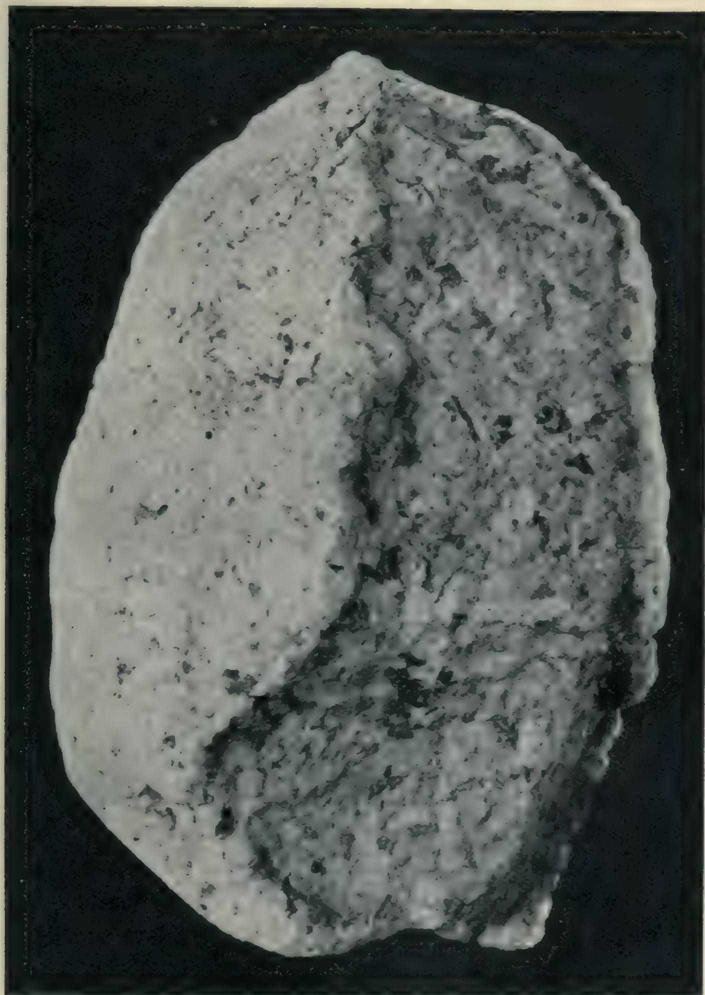


Fig. 14. Granitrullesten med kaoliniseret Overflade og Rustrand indenfor Kaolinskorpen. Fra en Mose ved Bovbjerg. Naturl. Størrelse. Originalen i Landbohøjskolens Samling.

surt Ferrioxyd i lille Maalestok ganske svarende til Ahllaget under Blysandet i Hederne. Derunder følger den uforandrede Granit. Den tyske Forsker *H. Stremme* har for faa Aar siden fremhævet den store Betydning en saadan Kaolinisering af feldspatholdige Bjergarter ved Humusstoffernes Indvirkning har for Dannelsen i Naturen af Kaolinlag og af

Lerlag, der nærmer sig Kaolin i Sammensætning"[61]). Til Oplysning herom kan saaledes hidsættes følgende Analyser efter *Stremme.* De angivne Tal er Middeltal hver af 3 forskellige Prøver af dels frisk Granit dels af samme Stenart, der ved at være blevet overdækket med et Tørvelag (en lille Mose) var begyndt at kaoliniseres. Analyserne er beregnet for det vandfri Stof.

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O
Uforvitret Stenart....	76,7 %	13,3 %		2,5 %	0,3 %	0,4 %	2,9 %	4,5 %
Den under Mosen værende Stenart	77,9 -	15,5 -	1,8 %		1,8 -	0,07 -	1,9 -	1,1 -

Tallene taler for sig selv. De stærke Baser er bortført ved Humusstoffernes Indvirkning*) paa Stenarterne, og der er tilbageblevet et Aluminiumsilikat under samtidig Optagelse af Vand, hvilket sidste dog ikke fremgaar af denne Analyseopstilling, men kan vises ved talrige andre Analyser.

Den stærkt kaoliniserende Indvirkning, som Humuslag har paa underliggende Sten og Jordlag, forklarer en Kendsgerning, som ofte er iagttaget i ældre geologiske Dannelser, nemlig at de mest „ildfaste Lerarter“ i kulførende Lagserier i Reglen findes umiddelbart under Kullagene. En Lerart er desto mere ildfast, jo mindre den indeholder af Flusbaser (FeO, CaO, Na_2O, K_2O m. m.), d. v. s. jo mere den nærmer sig til Kaolin i Sammensætningen. Kullagene er, som tidligere omtalt, opstaaet af humusholdige Stoffer, der har paavirket de nedenunder værende Lerlag, saa at de stærke Baser er blevet udludede.

I Landbrugets Praksis er Humusstoffernes opløsende Evne taget i Brug i visse Retninger. Som Fosforsyregødning kan paa sure Jorder — Hedejord, Mosejord — ofte med Fordel paa Grund af den ringere Indkøbspris end den vandopløselige Superfosfat anvendes Fosfater, der er uopløselige i Vand, men bringes i Opløsning i Jordbunden ved Humussyrernes Indvirkning. Som saadanne i Vand uopløselige Fosfater benyttes foruden Kunstproduktet Thomasslagge forskellige „Raafosfater“ Koproliter, Fosforiter og Apatit alle dog i fint pulveriseret Tilstand.

I Udlandet benyttes i stor Maalestok saadanne pulveriserede Raafosfater til Gødning og menes at give fordelagtige Resultater for Plante-

*) Om det egentlig er selve Humusstofferne eller den af dem opstaaede Kulsyre, der er virksom herved, er Meningerne endnu delt om. „Humussyrer“ forekommer neppe nogensinde i Naturen, uden at Kulsyre ogsaa er virksom.

avlen, naar de udstrøes i tilstrækkelig store Mængder. Det er sandsynligt, at det ogsaa vilde vise sig økonomisk herhjemme i mange Tilfælde ved Hede- og Moseopdyrkning at anvende disse Stoffer. Det er utvivlsomt, at pulveriseret Feldspat eller Granit ogsaa paa saadanne Jorder maatte kunne lade sig bruge med Virkning som Kaligødning, forsaavidt disse Stoffer kan faas i tilstrækkelig store Mængder til en billig Pris.

PLANTERNE OG JORDBUNDEN

Medens alt, hvad der angaar de levende Planter maa siges i Almindelighed at høre ind under *Botaniken* og *Plantefysiologien*[62], er dog de fleste højere Planter og navnlig saa godt som alle *dyrkede* Planter gennem deres Rødder saa nøje knyttet til Jordbunden, at deres Forhold i saa Henseende maa berøres i en Jordbundslære og derfor i al Korthed ogsaa bør omtales her*).

Uden at det er nødvendigt at foretage synderlig indgaaende Undersøgelser, vil det for enhver Betragter være øjensynligt, at Planterne ved Rodsystemet er fæstet til Jorden, saa at det omgivende Jordsmon tjener Planterne rent mekanisk som Støtte eller Underlag. At Jordbunden omkring Planterødderne ogsaa for en Del er Planternes Spisekammer, hvorfra de henter væsentlige Bestanddele af deres Stofmasse, medens andre ligesaa væsentlige Bestanddele hentes fra Jordvandet og fra Jordluften og i endnu højere Grad fra Atmosfæren, kræves der derimod nærmere Undersøgelser for at faa Sikkerhed om.

Ligesom vi endnu ser, at selv Folkestammer, der staar paa et lavt Kulturtrin, fx. Skovbeboerne i Bagindiens Jungler og adskillige skovbeboende Negerstammer i Afrika meget vel forstaar at udvælge de Pletter af særlig frugtbar Jord, der findes i Skovene og der bortrydder Træerne for at oprette et primitivt *Havebrug*, saaledes maa man, da den første Plantedyrkning i den graa Oldtid tog sin Begyndelse paa lignende havebrugsmæssig Maade, hurtigt være blevet klar paa, at der gives mer eller mindre *frugtbar* Jord, der indeholder eller mangler Stoffer, der er gavnlige for Plantevæksten. Den praktiske Erfaring lærte sikkert ogsaa snart Jorddyrkerne, at Tilstedeværelsen af en passende Vand-

*) Her er intet Hensyn taget til Planter, der lever i Vandet eller til Planter, der som Snyltere eller paa anden Maade lever af eller paa andre levende Organismer.

mængde i Jordbunden var nødvendig, for at Sæden kunde spire, og Planterne kunde trives. Rent erfaringsmæssigt uddannedes derfor meget langt tilbage i Tiden i de gamle agerdyrkende Lande som Kina og Ægypten visse „af Guderne fastsatte“ praktiske Regler for Tiden og Maaden, hvorpaa Sæden skulde lægges, for Planternes Pasning og for Høsttidens Indtræden, uden at man dog derfor tør paastaa, at disse Regler netop behøver at bunde i en dybere indgaaende Forstaaelse af Planternes Virksomhed. I Østen lærte man saaledes tidlig Brugen af Gødning og i Ægypten den rette Anvendelse af „den frugtbargørende Nil“. Inkaerne i Peru kendte og benyttede i udstrakt Maalestok Guano til Frugtbargørelse af deres sandede Marker[68]) og Puebloindianerne i Mexiko og tilgrænsende Egne havde indrettet et saa fuldkomment Vandingssystem af deres Marker, at de ødelagte Rester endnu aftvinger Nutidens Ingeniørkunst Beundring.

Klarlæggelsen af, at Planterne ogsaa henter meget væsentlige Bestanddele fra Atmosfæren, kom derimod sent frem, men dette er ogsaa et Forhold, som ikke kræver Menneskets Indgriben under Plantedyrkningen, og som derfor maatte unddrage sig Opmærksomheden, indtil det blev gjort til Genstand for videnskabelige direkte Efterforskninger. Disse skyldes væsentlig Kemikerne i Slutningen af det 18de og den første Del af forrige Aarhundrede. Først da man havde lært at omgaas Luftarter og havde udfundet Sammensætningen af den atmosfæriske Luft, var Betingelserne skabt for, at en saadan Opdagelse kunde gøres. Samtidig dermed blev den analytisk-kemiske Teknik saaledes uddannet, at man blev i Stand til at foretage ordentlige kvalitative og kvantitative kemiske Analyser. Omtrent samtidig lærte man at foretage nøjagtigere plantefysiologiske Forsøg, end man i tidligere Tider havde udført, selv om saadanne dog ikke helt havde manglet endog betydelig forud for det nævnte Tidsrum.

Det vil føre os for vidt — hvor tiltrækkende Behandlingen af et saadant Emne end kunde være — her i Jordbundslæren i det enkelte at udvikle den historiske Gang, som den videnskabelige Kendskab til Planternes Forhold til Omgivelserne — Jord, Vand og Luft — har gennemgaaet i Tidernes lange Følge, men vi kan dog ikke undlade at fremdrage nogle enkelte af de vigtigste Træk i saa Henseende, da de er meget lærerige og oplysende om Naturvidenskabens gradvise Udvikling. De giver en Anelse om, hvor uendelig meget mere Fremtidens Undersøgelser sikkert vil lære de kommende Slægter.

Den klassiske Oldtids mest berømte Lærer paa Naturvidenskabens Omraade *Aristoteles* (384—322 f. Chr.) beskæftigede sig blandt mange andre Spørgsmaal i den levende og døde Natur ogsaa med Planternes

Liv og deres Forhold til Omgivelserne. Han fremhævede Røddernes Betydning for Planterne som de egentlige Redskaber, hvormed Planterne af Jorden uddrog de i Forvejen ved Vandets og Varmens Hjælp helt færdig tilberedte Næringsstoffer. „Planterne tager Næringen i tilberedt Form ud af Jordbunden og bliver derved i Stand til at afsætte Frø og Frugter." Næringen maatte øjensynlig være helt fordøjelig, da Planterne ikke efter Aristoteles' Mening afsondrede Ekskrementer eller havde nogen Gataabning til denne Brug saaledes som Dyrene. Derimod er der stor Lighed mellem Fosterets Liv og Ernæring i Livmoderen og Planternes Liv. „Fostrene betjene sig af Livmoderen ligesom Planterne af Jorden." Denne sidste Læresætning, som altsaa for over 2200 Aar siden blev fremsat af Aristoteles, kan paa en Maade siges at være i god Overensstemmelse med den af de fleste Naturvidenskabsmænd i vore Dage hævdede „biogenetiske Grundlov" (I Bd. S. 240) dog med det Forbehold, at Planterne ikke — som Aristoteles antog — faar al deres Føde fra Jordbunden, men væsentlige Bestanddele gennem Bladene fra Luften. Teorien om, at Rødderne uddrager de ved Varmens Hjælp i den fugtige Jordbund udviklede Plantenæringsstoffer, stemmer jo ogsaa ret beset overens med, hvad vi nu ved om, at Rødderne fra Jorden opsuger de ved Forvitringen af Mineralbrudstykkerne opløseliggjorte Forbindelser af Kali, Kalk, Fosforsyre osv. Aristoteles' Anskuelser om Planternes Ernæring, ramte, som vi nu ved, kun den ene Side af Spørgsmaalet nemlig Planternes Forhold over for Jordbunden, men tog ikke særligt Hensyn til Planternes Krav til Vand og kendte slet ikke noget til Planternes Forhold overfor den atmosfæriske Luft, hvad der heller ikke kunde ventes efter Datidens ringe Kendskab til Luften. Disse Teorier var de ledende for Videnskaben gennem Oldtiden, blev i hele Middelalderen betragtet som fastslaaede Dogmer og stod ved Magt i Videnskabsmændenes Bevidsthed langt ned i den nyere Tid. Endog den nyere botaniske Videnskabs Grundlægger *C. Linné* (1707—1778) hævdede i det væsentlige de samme Anskuelser om Planternes Ernæring, saa at han i sin 1751 udgivne Philosophia botanica kalder Jorden for „Planternes Mave" og Rødderne for Transportvejene for Planternes Næringsstoffer (Lymfekar). Der var dog i Begyndelsen af det 17de Aarhundrede noget før Linnés Optræden gjort et væsentlig Skridt fremad fra Aristoteles' ensidige Anskuelser om Planternes Ernæring af den mærkelige Forsker *J. B. v. Helmont* (1577—1664). Han var en rig adelig Godsejer født i Belgien, men opgav en Tid lang paa Grund af religiøse Anfægtelser sine Godser og sine medicinske Studier og levede i en Aarrække i Forsagelse under filosofiske Grublerier, men tog saa atter med Kraft fat paa Studiet af Naturviden-

skaben. Han var en efter Datidens Standpunkt habil Læge og fremragende Kemiker, der ogsaa gav sig af med plantefysiologiske Forsøg. I hans samlede Værker, som blev udgivet 1682 af hans Søn efter Faderens Død, beskrives et saadant for Plantefysiologien grundlæggende Forsøg udført 1610, som her kan anføres i den af afdøde Prof. *R. Pedersen* givne Oversættelse: „Jeg tog et Lerkar og bragte deri 200 Pund ovntørret Jord, som jeg befugtede med Regnvand, jeg satte deri en Pilegren, der vejede 5 Pund; af den opvoksede et Træ, der efter 5 Aars Forløb vejede 169 Pund og omtrent 2 Unzer. Jeg vandede i den Tid Lerkarret, saa ofte det var nødvendigt, med Regnvand eller destilleret Vand. Karret var stort og stod i Jorden, og for at der ikke skulde falde Støv deri, dækkede jeg det med en fortinnet Jærnplade, der var gennemboret af mange Huller. Jeg vejede ikke de i 4 Efteraar affaldne Blade. Jeg tørrede endelig den samme Jord paa ny og der manglede omtrent 2 Unzer i 200 Pund. Af Vandet alene er der altsaa opstaaet 164 Pund Ved, Bark og Rødder.“ *)

De her omtalte Forsøg af v. Helmont blev med større eller mindre Held gjort efter i den følgende Tid af forskellige Undersøgere, men Meningerne om, hvor vidt Aristoteles eller v. Helmont havde Ret, var meget delte. En af de mest fremragende Forskere for sin Tid den franske Abbed Fysikeren *E. Mariotte* (1620—1684) har i sine „Oeuvres revues et corrigées de nouveau“, der udkom (Leyden 1717) efter hans Død, paa Grundlag af virkelige Undersøgelser, givet en Oversigt over Planternes Ernæring, som i Hovedsagen sammenfatter baade Aristoteles' og v. Helmonts Anskuelser. Han antager saaledes, at Planterne optager Næringsstoffer baade fra Vandet og fra Jordbunden, da de ved tør Destillation afgiver Vand, og der ved fuldstændig Forbrænding af Plantedelene tilbagebliver en Aske, som indeholder Stoffer (Kaliumkarbonat, Calciumkarbonat m. m.), som stammer fra Jordbunden. Alle Planter indeholder de samme Stoffer, men maaske forbundet paa forskellig Maade. Planterne optager Næringsstofferne baade gennem Rødderne og Bladene og bearbejder disse Stoffer videre ad kemisk Vej i deres Kar, saa at de for paagældende Planteart ejendommelige Lægedomsstoffer, Giftstoffer eller andre Produkter fremkommer. Mariotte indsaa ogsaa, at Sollyset var nødvendigt ved disse Processer, men kunde selvfølgelig

---

*) Den senere omtalte engelske Forsker *Francis Home* gør opmærksom paa, at Helmont her har draget en for vidtgaaende Slutning. Forsøget viser kun, at Planterne har draget Næring af de Stoffer, der fandtes i Vand. Home finder, at selv Regnvand eller Sne indeholder „Jord“ (navnlig Kalk), Olje (d. v. s. org. Stof) og Salte (Alkalisalte), der stammer fra Luften, som Nedbøren er trængt ned gennem.

ikke give nogen rigtig Forklaring derpaa. Selv Nutidens Videnskab har jo næppe nok klaret dette Spørgsmaal i Enkelthederne.

Det 18de Aarhundrede bragte en Række planteanatomiske og plantefysiologiske Opdagelser. Man lærte nøjere at kende den indre Bygning af Planternes forskellige Organer og opdagede, at Bladene kunde udvikle og indsuge Luftarter, hvis Ejendommeligheder til en vis Grad blev fastslaaet, men man kunde dog i den Henseende vanskelig komme videre frem, førend de store kemiske Opdagelser ved Aarhundredets Slutning var udført. Derimod lærte man helt vel at udføre Vandkulturforsøg, saa at det blev klart, at Jord i og for sig ikke var nødvendig, for at en Plante kunde trives, men at den kunde fuldføre hele sit Livsløb med Rødderne voksende i Brøndvand eller Flodvand.*) Undersøgelserne viste, at den herved optog visse uorganiske Stoffer — Askebestanddelene — men Anskuelserne om, hvorvidt disse Stoffer dannedes af Vandet i Plantens Organer eller i Forvejen fandtes opløst i Vandet, var endnu ikke afklaret, da der hos mange Forskere endnu sad Rester af den gamle alkemistiske Tids Tro paa Stoffernes „Transmutation", selv om der ogsaa var Eksempler paa en rigtigere Opfattelse.

Uafhængig af hinanden opdagede *C. W. Scheele* en af Sverigs mest fremragende Kemikere 1771—72 og den udmærkede engelske Eksperimentator Dissenterpræsten *J. Priestley* 1774 Ilten. For Grundlæggeren af den nyere Kemi Franskmanden *A. L. Lavoisier* (1743—1794) blev denne Opdagelse Udgangspunktet til den rette Forstaaelse af alle kemiske Processer, som beror paa Iltning (Forbrænding) af Stofferne, eller hvor den modsatte Adskillelsesproces finder Sted.[64]) Nu var Grundlaget bragt til Veje, for at der ogsaa indenfor Plantefysiologien kunde gøre sig en rigtig Opfattelse af de iagttagne Fænomener gældende, men en Tid lang traadte dog hos mange Forskere den saakaldte Humusteori hindrende i Vejen. Hovedpunkterne i denne Teori er allerede omtalt S. 79. Der forelaa ganske vist ikke faa Beretninger om Forsøg, hvorved man havde faaet Planter til at vokse i Vandkultur eller i Sand, uden at der var Humusstoffer tilstede, naar blot Vandet eller Sandet indeholdt tilstrækkelige Mængder af Plantenæringsstoffer af uorganisk Art, men da adskillige Forsøg med Vand- og Sandkultur var mislykket paa Grund af Mangel paa uorganiske Næringsstoffer eller paa Grund af Iltmangel i Vandet, og man ikke altid var klar over Grunden til Uheldet, kom disse Forsøg noget i Miskredit. Den praktiske Erfaring om, at humusrig Muldjord i Reglen dannede den bedste Vokseplads for Planterne og lig-

*) I Virkeligheden dog kun naar Vandet var tilstrækkelig rigt paa opløste uorganiske Næringsstoffer, saa at Forsøgene faldt forskellig ud med Vand af forskellig Art.

nende praktiske Erfaringer om, at daarlig sandet Jord kunde forbedres ved, at der ved Gødningstilførsel eller paa anden Maade skaffedes Humusstoffer til Veje i Jordbunden, bibragte det praktiske Landbrugs Ledere med den berømte Landøkonom *Albrecht Thaer* (1752—1828) i Spidsen en fast Overbevisning om, at Humus var det egentlige Hovednæringsstof for Planterne. Hertil kom halvreligiøse mystisk filosofiske Anskuelser hos adskillige af de ledende Mænd i de studerende Kredse om Livets Tilstedeværelse i „Alnaturen" og om Livskraften, som var udbredt overalt og knyttet til et bestemt Stof en „Livsmaterie", der kunde antage forskellige ydre Former men i sit inderste Væsen var det samme, hvor det saa fandtes. Humusen i Jordbunden dannede efter disse Anskuelser den uformede overalt i Jordbunden i større eller mindre Grad udbredte Livsmaterie, hvorfra Planterne og gennem dem ogsaa Dyrene hentede Næring, der i Organismen omformedes til levende Væv af den for paagældende Organisme karakteriske Form. Den filosofiske Spekulation tilsyneladende støttet paa saakaldte „Erfaringer fra det praktiske Liv" bragte her som saa ofte tidligere Naturvidenskaben paa Afveje. Selv *Thaer* undgik som nævnt ikke Vildfarelsen, skønt han baade som Praktiker og som Indehaver af mange videnskabelige Kundskaber havde Betingelser for at kunne se det rigtige. Han skriver saaledes i sin berømte „Grundsätze der rationellen Landwirtschaft" (1810—12): „Jordens Frugtbarhed afhænger helt og holdent af Humusmængden, thi naar man undtager Vandet, er Humus det eneste Stof i Jorden, som er Næring for Planterne . . ." „Ligesom Humus er en Frembringelse af Livet, saaledes er den ogsaa en Betingelse for Livet. Den giver Organismerne Næring. Uden den vilde der ikke eksistere noget individuelt Liv, i det mindste hvad Dyrene og de højere Planter angaar. Følgelig er Død og Ødelæggelse nødvendige for et nyt Livs Vedligeholdelse og Fornyelse. Jo mere Liv desto mere Muld, og jo mere Muld desto mere Næring for Livet." [65])

Det er meget lærerigt og mærkeligt at se disse fuldkommen fejlagtige og ubegrundede Dogmer hævdes af en saa fremragende Mand som *Thaer*, hvem Planteavlen og Landbrugets Teori og Praksis paa andre Punkter skylder saa meget af sunde og gode Lærdomme. Men Thaer var heller ikke kommet til disse Anskuelser ad Naturvidenskabens sikre Vej: Eksperimentet men gennem Spekulation og ikke fuldt gennemtænkte Iagttagelser fra det praktiske Landbrug. Antagelserne om, at Humus var den eneste Kilde til Jordbundens Frugtbarhed, var 50 Aar før de fremsattes af Thaer og de andre Forskere bleven grundigt modbevist af Englænderen *Francis Home*, der ad Forsøgets Vej med en Teknik, der, naar man betragter Omstændighederne, ikke staar væsentlig

tilbage for Nutidens, baade ved en Række Potteforsøg og ved sammenlignende Markforsøg bestemte de forskellige Gødningsstoffers Virkning*) overfor de almindelig dyrkede Planter, samtidig med at han underkastede de anvendte Gødningsmidler en saa fuldstændig kemisk Analyse som man den Gang overhovedet var i Stand til.[66])

Francis Home (1719—1813) var Professor i Medicin (eller Farmaci, *materia medica*) i Edinburgh. Hans „The Principles of Agriculture and Vegetation" udkom 100 Aar før Fallou's S. 3 omtalte „Pedologie", som den i visse Henseender kan siges at være en Forløber for. Den blev oversat paa Fransk og Tysk og indeholder i sine 207 smaa Oktavsider ganske overordentlig meget af Interesse baade hvad angaar Jordbundslære, Gødningslære og Agrikulturkemi. Som typiske Jordarter anfører han:

The rich black soil, Muldjord, der karakteriseres ved den behagelige Lugt i fugtig Tilstand og ikke maa forveksles med Mosejord eller Kærjord. Dens smuldrende Egenskaber, dens vand- og varmeholdende Evne beskrives, og der gives en Anvisning til en tilnærmelsesvis kvantitativ Bestemmelse af Humusmængden i Jordbunden ved Afbrænding med Salpeter. Yderligere beskrives en god „fed Jords" Forhold overfor stærk Eddike. Jordprøven afgiver herved Luft under Brusning, den sure Smag bliver tilintetgjort, og Eddiken bliver omdannet til et neutralt Stof (a neutral body). „Jeg har erfaret ved en Mængde forskellige Forsøg, at al Jordbund, der er skikket til Plantedyrkning, indeholder mere eller mindre af basisk Stof (antacid particles)." Home har altsaa udført netop de samme Undersøgelser, som i Nutiden i saa høj Grad optager det danske Landbrugs Forsøgsvirksomhed.

The clay soil, Lerjorder, hvis mest fremtrædende Egenskaber er, at Jordarten, naar den til en vis Grad er blevet fugtig, bliver vandstandsende. Det er derfor en kold Jordbund for Planterne. Naar vaadt Ler tørrer ind, bliver det stenhaardt, hvorfor Lerjorder, som pløjes i vaad Tilstand, vil kage sammen og danne en ubekvem Jordbund for Planterne.

The sandy soil, Sandjorder. Jordbundens Mangel paa vandholdende Evne beskrives og ligeledes Midlerne til Forbedring ved Tilførsel af Ler eller Kompostjord, og der vises, hvorledes man ved lokale Markforsøg kan faa Erfaring om disse Stoffers Virkning m. m.

The chalky soil, Kalkjorder, hvis Egenskaber beskrives, og for hvilke kvælstofholdigt organisk Affald som Haar, Klude m. m. særlig er at anbefale, da de let omsættes i den stærkt kalkholdige Jordbund.

The till, der er et skotsk Lokalnavn for en ufrugtbar Jordbund efter Beskrivelsen nærmest svarende til den jyske Alunjord. Ejendommelig for denne Jordbund er efter Home den fuldstændige Ufrugtbarhed, som efter hans Analyser beror paa et Indhold af Jernvitriol. Medens Landmændene ellers var bange for at

---

*) Home iagttager ogsaa Eftervirkningen af de anvendte Gødningsstoffer paa de efterfølgende Afgrøder, noget man langt fra altid tager Hensyn til i Nutiden. Hans Forsøg er dog ikke af samme Art som de nuværende lokale Markforsøg, der gaar ud paa at udfinde et Gødningsmiddels Virkning paa en bestemt Jordbund, medens H.'s Forsøg kun gik ud paa i Almindelighed at bestemme et Stofs Virkning.

bringe denne Jord op ved Pløjning, viser Home, at den netop kan forbedres ved meget grundig Udluftning og Kalk- eller Mergeltilsætning.

The mossy soil, Tørvejord, „som man nu overalt anerkender som et Stof, der er opstaaet af Planter". Han viser, at skønt Tørv altsaa bestaar af til en vis Grad omdannede Plantelevninger, har den dog en mærkelig Evne til at beskytte Dyre- og Plantedele, som nedgraves i en Mose, mod Forraadnelse. Vil man omdanne Tørv til Agerjord, maa man sønderdele den og udsætte den for Luften og tilføre Mergel eller endnu bedre pulveriseret Kalksten.

Som Gødningsmidler for Jordbunden anbefaler Home Overrisling i Særdeleshed med Flodvand, der stammer fra frugtbare Landstrækninger, da saadant Vand er: „full of the subtiler particles of the soil washed off from the rich grounds by rains".*) Derimod er Vand, der kommer fra Kulminer, eller Vand, der indeholder opløste Jernsalte (Vand fra „Staalkilder"), i høj Grad skadeligt for Plantevæksten.

Mergel, som kendes paa, at det i Modsætning til almindeligt Ler falder hen, naar det kommer i Vand. Mergel bruser, naar det overgydes med en Syre, og mætter Syren, saa at der dannes et neutralt Salt. Mergelens Godhed kan prøves herved. Det frugtbargørende Stof i Mergel er Kalk, som H. bestemmer ved at udtrække en vis Mængde Mergel med Salpetersyre og efter Filtrering til Opløsningen sætte br. Vinsten, d. v. s. Kaliumkarbonat. Herved fældes et hvidt Bundfald, som efter Udvaskning, Tørring og Glødning viste sig at være brændt Kalk. *Home* kendte ogsaa meget godt Mergelens Virkning paa Planteudtræk. Violsirup, som af Syre farves rød og i neutral Tilstand er blaa, farves grøn af Mergel ligesom af Alkali.**)

Raa Kalksten og brændt Kalk, som virker ligesom Mergel men meget kraftigere.

Planteaske i Særdeleshed Asken af Bregner er efter Home et fortræffeligt Gødningsmiddel, da $^1/_6$ af Asken af disse Planter bestaar af Kaliumkarbonat, medens Tørveaske er næsten værdiløs, da kun $^1/_{32}$ af Asken bestaar af dette Stof. Derimod kan Resterne fra Alunværkerne (der fabrikerede Alun af Skifer) godt bruges, da der endnu findes Kalisalte til Stede, som efterhaanden gaar i Opløsning. Ligeledes Sæbesyderkalk, hvor Kalken ogsaa er virksom.

Staldgødning og al Slags dyrisk Affald som Blod, Indvolde, Urin, Hornspaaner, Rester af Haar, Silke, Uld m. m.

Salpeter er et overordentlig frugtbargørende Stof for Jordbunden, „ja selve Grundaarsagen til Frugtbarhed", men kan, som Home viser ved Potteforsøg, dog virke skadelig, naar det bruges i alt for store Mængder. H. giver en udførlig Beskrivelse af de da kendte tildels fra meget gamle Dage stammende Fremgangsmaader ved Tilberedning og Udvinding af Salpeter (Kaliumnitrat) fra Salpeterplantagerne. Han er ikke rigtig klar over Maaden, hvorpaa Salpeteret opstaar, men man kan se, at han har været lige paa Nippet til at gøre denne Opdagelse, idet han diskuterer frem og tilbage, om det dog ikke var muligt, at „det flygtige Alkali", d. v. s. Ammoniaken, som han paaviser altid findes som

---

*) „fuldt af Jordbundens bedste Bestanddele, der er udvasket af de frugtbare Marker ved Regnvandet.

**) Naar man derfor i Nutiden undertiden ser fremhævet som en „Opdagelse", at man kan prøve en Jordarts Reaktion med Lakmustinktur eller andre lignende Stoffer, maa man sige, at denne Opdagelse i alt Fald ikke er ganske ny.

et første Trin ved Salpeterdannelsen, skulde kunne danne Salpetersyre. Men for den Tids Kemikere var Omdannelsen af en saa kraftig Base som Ammoniak til en saa stærk Syre som Salpetersyre dog en for stærk Modsigelse, saa at han derfor halvt modvillig slaar sig til Taals med at antage, at Salpetersyren maa dannes ved Luftens Indvirkning ved en Art Fortætning af den i Luften værende *Acidum vagum* (tildels forstaas herved Luftens Kulsyre). Men først og sidst slaar Home til Lyd for det nøjagtigt udførte Forsøg og fremhæver, hvor vigtigt det er at: „The narrator, on his part, should deliver the experiment in the plainest an most distinct manner and separate the facts from his reasonings". *) Man ser, hvor grundforskellig *Home's* nøgterne rent naturvidenskabelige Fremgangsmaader er fra den paafølgende Tids ovenomtalte fantastiske Spekulationer.

Mod *Thaer's* Forfægten af Humus som Planternes eneste Næring stod altsaa *Home's* længe forud udførte Forsøg, der viste, at Kali, Kalk, Magnesia (Epsom-Salt: Magniumsulfat) og Salpeter var vigtige plantenærende Stoffer, og der blev ogsaa snart nærmest fra geologisk Side gjort meget væsentlige Indvendinger gældende mod, at Humus overhovedet kunde være nødvendigt for Planterne. Den franske Botaniker *A. Th. Brogniart* (1801—1876), der ogsaa gav sig af med palæontologiske Undersøgelser (ikke at forveksle med Geologen A. Brogniart, s. I Bd. S. 13), henviste til, at Humus er opstaaet af Plantedele, og at Planterne, der optræder meget langt tilbage i de geologiske Formationer, maa have taget deres Kulstof fra rent uorganiske Kulstofforbindelser d. v. s. fra Kulsyren i Luften, og at det samme maa gælde Nutidens Planter, der er organiseret paa samme Maade som Fortidens. **)

Men Thaer's Humusteori blev dog endnu en Tid lang den herskende. Selv en saa fremragende Agrikulturkemiker som *J. B. J. D. Boussingault* (se S. 4—14) sluttede sig ganske til den, og der maatte et saa voldsomt Kraftgeni som *Justus v. Liebig* til for atter at bringe Sagen op af Uføret, hvori den var kommet. Liebig udrettede selv og ved sine Hjælpere og Disciple et overordentlig stort Arbejde under Undersøgelser af alle mulige Emner hørende ind under Agrikulturkemien, men det er ikke egentlig heri, at hans Hovedbetydning ligger. Det er derimod ved de skarpt og klart som skingrende Trompetfanfarer affattede Sammenstillinger og Læresætninger om Planternes Ernæring og Agrikulturkemiens andre Opgaver. Det lader sig ikke gøre ved denne Lejlighed at gennemgaa i det enkelte alle Liebigs betydelige Arbejder og omfattende videnskabelige

*) Fortælleren (d. v. s. den der giver Meddelelse om Forsøget) burde berette om Forsøget paa den simpleste og tydeligste Maade og helt gøre Skel mellem Kendsgerningerne og hans egne Ræsonnementer.

**) B. mente endog, at den tilsyneladende store Frodighed i Stenkulperiodens Plantevækst skyldtes et langt større Kulsyreindhold i Luften den Gang i Sammenligning med den atmosfæriske Luft nutildags, en Anskuelse, som dog næppe er holdbar.

Forfattervirksomhed, men enkelte Træk kan fremhæves. Hans kemiske Undersøgelser drejede sig baade om uorganiske og organiske Stoffer, og han tilrettelagde en Metode — Elementæranalysen — til kvantitativ kemisk Undersøgelse af organiske Stoffer, som har gjort al Naturvidenskab uberegnelig Nytte og endelig i væsentlig uforandret Form benyttes den Dag i Dag. For yderligere at klarlægge Liebigs Betydning kan vi næppe gøre bedre end benytte følgende, der fra anden Side er fremsat om ham:

„Mod Slutningen af 1830'erne tog Liebigs Forskning efterhaanden en anden Retning, fordi han da kastede sig over de store Problemer om Plantens og Dyrets Ernæring og om Stofvekselen i den levende Natur. 1840 udgav han sit Værk „Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie" og 1842 „Die Thierchemie oder die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie". Det første af disse Værker havde en overordentlig Betydning for Landbruget og vakte et betydeligt Røre; i dansk Oversættelse udkom det 1846; Liebig fremsatte deri paa en klar og overskuelig Maade Læren om Planternes Ernæring; Grundsætningerne for det rationelle Agerbrug blev her udledede af plantefysiologiske Læresætninger. Det nævnte Værk oplevede mange Udgaver: 7. Udg. 2. Bd. udkom 1864 i dansk Oversættelse under Navnet „Agerbrugets Naturlove". Idet Liebig forstod med Kritik og Klarhed at fremdrage de ældre og til Dels forglemte plantefysiologiske Undersøgelser, fik han stor Betydning for Plantefysiologien; dertil føjede han ny og selvstændige Undersøgelser; paa Grund af sine betydelige kemiske Kundskaber og sin rige Kombinationsevne var han ogsaa i Stand til at samle tidligere spredte og usammenhængende fysiologiske Iagttagelser til et Hele og til at fjerne en Mængde urimelige Opfattelser, som var fremkommet ved Fortidens Spekulation og Naturfilosofi" (efter *O. T. Christensen*).

Som der ogsaa gøres opmærksom paa i ovenanførte Biografi kunde L. dog ogsaa gaa for vidt i sine Slutninger, „da han ofte gik Deduktionens i Stedet for Induktionens Vej; først en senere Tid maatte føre Beviset for saadanne Sætningers Rigtighed eller Ugyldighed". En af L.'s væsentligste Fortjenester var, at han ganske bragte Humusteorien ud af Verden og i Stedet for fremdrog Beviserne for, at Planterne opbyggede deres Stof af Kulsyren fra den atmosfæriske Luft, af Vandet fra Jordbunden og af de „Askebestanddele", som Rødderne optager fra Jorden. Han var ganske vist fra Begyndelsen ikke klar paa Formen, hvorunder Planterne optog Kvælstoffet (som Ammoniumsalt eller som Nitrater), og havde heller ikke opfattet Planternes Aandedrætsvirksomhed, men det kan dog siges, at hele den nyere Opfattelse af Planternes Ernæring i det væsentlige er i Overensstemmelse med de af Liebig

forfægtede Synspunkter, selv om der naturligvis er kommet adskillige Rettelser til og en overordentlig rig Fylde af nye, mere i det enkelte gaaende Iagttagelser støttede paa ny Forsøg udført hele Verden over. Det bliver nu for vidtløftigt at følge Videnskabens Udviklingsgang fra Liebigs grundlæggende Arbejder til vore Dage, og vi maa indskrænke os til en kort Fremdragen af Hovedmomenterne i Planternes Ernæringsproces navnlig saavidt den angaar Jordbunden. Spørgsmaalets Enkeltheder hører iøvrigt ind under Plantefysiologien en Videnskab, der i det sidste Aarhundrede baade i ren videnskabelig Henseende og med Hensyn til de praktiske Følger er vokset op til at være af overordentlig stor Betydning.

Det er dog nødvendigt for at faa Klarhed over Planternes Ernæring og deres Forhold til Jordbunden først at skaffe en Oversigt tilveje over, hvad Planterne er i stoflig Henseende, og det er ogsaa historisk set den Vej, Videnskaben har vandret og den, som vi nu vil søge at faa et Overblik over.

Planternes Bestanddele.[67]) Det er en fra det daglige Livs Erfaringer kendt Sag, at Vand er nødvendigt for alle levende Væsener og ogsaa for Planterne, og det kræver i Reglen ikke nogen dybtgaaende Undersøgelse at blive klar paa, at i alt Fald til Tider udgør Plantesaften en meget væsentlig Bestanddel af forskellige af Planternes Organer eller Dele. Men praktisk Erfaring lærer ogsaa, at der i saa Henseende er stor Forskel paa forskellige Plantedele paa fx. et Græskar og en Hasselnød. Naar Græskarret faar Lejlighed til at afgive sit Vandindhold, svinder det hen til ingenting, d. v. s. efterlader kun en meget ringe Rest af lufttørt Stof, medens en Hasselnød i Aarevis kan henligge uden at svinde synderligt. I Almindelighed kan man antage efter de foreliggende Undersøgelser, at Bladene hos Træer og Buske indeholder 54—65 % Vand nogle dog op til 70 % ligesom urteagtige Planters Blade indeholder 70—80 %. Hos Agurker, Meloner, Kaktus og Sedumarter er Vandindholdet 85—95 %, og hos Alger, der helt lever i Vand, er Plantens Vandindhold endog 98 %.

Vil man have alt Vandet til at gaa bort fra Plantedelene, maa man anvende de sædvanlige i Kemien benyttede Tørringsmetoder, saasom Anbringelse af de helst findelte Plantedele i et afspærret Rum — en Exsiccator — sammen med „vandsugende Stoffer" (Calciumklorid, conc. Svovlsyre eller Fosforpentoxyd) eller ved Opvarmning paa passende Maade i en Tørrekasse. Ved en saadan Fremgangsmaade gaar Vandet mere eller mindre hurtigt bort af Plantedelene, og der tilbagebliver en

Rest, som kaldes Tørstoffet. De forskellige Plantedele indeholder i Tørstoffet et overordentlig stort Antal nærmere Bestanddele, d. v. s. organiske Stoffer saasom: Træstof, Stivelse, Harpix osv., hvis Antal sikkert løber op til adskillige Hundredetusinde, men fælles for alle Plantedele af hvad Art nævnes kan er, at de indeholder Kulstof, der giver sig til Syne, naar vedkommende Plantedel forkulles eller underkastes „en tør Destillation“, d. v. s. ophedes stærkt, uden at Luften (Ilten) har tilstrækkelig Adgang til at bortbrænde Kullet. Ophedes de under Luftens Adgang, kan Kullet ogsaa brænde bort, og der efterlades en større eller mindre Mængde Aske, d. v. s. uorganisk uforbrændelig Stof. Selv fuldkommen udtørret Plantestof vil ved tør Destillation afgive som Destillat en større eller mindre Mængde Vand, som altsaa maa være opstaaet af Plantens Bestanddele ved Dekomposition. Plantedelene maa følgelig indeholde Ilt og Brint. Ved tør Destillation med Natronkalk vil Plantedelene afgive Ammoniak i større eller mindre Mængde, hvoraf man tør slutte, at de ogsaa indeholder Kvælstof. Af disse Stoffer: Kulstof, Brint, Ilt, Kvælstof og Askebestanddele, som senere skal omtales, er alle Planter sammensat. Deres indbyrdes Mængdeforhold kan erfares ved kvantitativ Analyse — Elementæranalyse — efter Kunstens Regler. Hvilke analytiske Metoder, der skal anvendes i de enkelte Tilfælde, afhænger af Omstændighederne og omhandles i den analytiske Kemi, hvortil der derfor henvises. Det kan dog anføres, at en dansk Mand *J. G. Chrf. Th. Kjeldahl* (1849—1900) er Ophavsmand til en Metode til Kvælstofbestemmelse i organiske Stoffer, en analytisk Fremgangsmaade, der nu paa Grund af sin Nøjagtighed og sin simple og lette Udførelse benyttes hele Verden over og har gjort baade Videnskaben og det praktiske Liv uberegnelig Nytte. Ogsaa med Udarbejdelsen af Metoder til Bestemmelsen af de nærmere Bestanddele i Planterne særlig Sukkerarterne ydede Kjeldahl fremragende Arbejder.

Mængden af Tørstoffet i samme Plantearter kan som anført være temmelig forskellig efter Plantens Voksemaade, efter Jordbunden, hvori den vokser, og særligt om det er et vaadt eller tørt Vokseaar. Hermed er dog ikke sagt, at Planterne i ørkenagtige Egne skulde udmærke sig ved et højt Tørstofindhold, da saadanne Planter fx. Kaktus netop er meget saftrige, men den nærmere Omtale heraf maa søges i Botaniken.

En lille Oversigt over de almindelige Kulturplanters Indhold af organiske Stoffer og Aske — der tilsammen udgør Tørstoffet — samt Vand, der udgør den manglende Rest, kan faas af omstaaende Tabel sammenstillet efter *E. Ebermayer.*[68])

I omstaaende Tabel er givet Eksempler paa Mængden af Tørstof og Askemængden i forskellige Planter, hvoraf atter Vandmængden og

Plantens Navn eller Stoffets Oprindelse	Organiske Stoffer %	Mineralstoffer eller Aske %	Tørstof %	Vand %
Grønfoderplanter				
Enggræsser	22,9	2,1	25,0	75,0
Grøn Havre	17,6	1,4	19,0	81,0
Fodervikker	16,4	1,4	18,0	82,0
Rødkløver før Blomstring	15,5	1,5	17,0	83,0
Rødkløver i fuld Blomstring	18,3	1,3	19,6	80,4
Lucerne i Blomstring	24,0	2,0	26,0	74,0
Boghvede	13,6	1,4	15,0	85,0
Runkelroetop	8,9	1,8	10,7	89,3
Kartoffeltop	19,0	3,0	22,0	78,0
Hø og Halm				
Enghø	79,5	6,2	85,7	14,3
Kløverhø	77,5	6,0	83,5	16,5
Hvedehalm	81,1	4,6	85,7	14,3
Rughalm	81,6	4,1	85,7	14,3
Byghalm	81,6	4,1	85,7	14,3
Havrehalm	81,7	4,0	85,7	14,3
Knolde og Rødder				
Kartofler	24,1	0,9	25,0	75,0
Jordskokker	18,6	1,0	19,6	80,4
Runkelroer	11,2	0,8	12,0	88,0
Gulerødder	14,1	0,9	15,0	85,0
Kornsorter og Frugter				
Hvede	83,9	1,7	85,6	14,4
Rug	83,9	1,8	85,7	14,3
Byg	83,5	2,2	85,7	14,3
Majs	84,1	1,5	85,6	14,4
Ærter	83,3	2,4	85,7	14,3
Agern friske	43,7	1,0	44,7	55,3
Æbler og Pærer	16,5	0,4	16,9	83,1
Græskar	9,9	1,0	10,9	89,1

Mængden af organiske Stoffer lod sig bestemme. Ved Elementæranalyser og Askeanalyser kan man yderligere erfare, hvormeget af de forskellige Grundstoffer der indgaar i disse Bestanddele. Vi vil først undersøge de organiske Bestanddele. Tørstoffet i nedennævnte Plantedele bestaar som Middeltal af forskellige Analyser af følgende Stofmængder:

	Kulstof %	Brint %	Ilt %	Kvælstof %	Aske %
Hvedekorn	46,1	5.8	43,4	2,3	2,4
Rugkorn	46,2	5,6	44,2	1,7	2,3
Havrekorn	50,7	6,4	36,7	2,2	4,0
Hvedehalm	48,4	5,3	38,9	0,4	7,0
Rughalm	49,9	5,6	40,6	0,3	3,6
Havrehalm	50,1	5,4	39,0	0,4	5,1
Kartofler	44,0	5,8	44,7	1,5	4,0
Runkelroer*)	42.8	5,8	43,4	1,7	6,3

De forskellige Træarter indeholder omtrent de samme Stofmængder, der i Middeltal beregnet for Tørstoffet udgør**)

Kulstof	=	49,5 %
Brint	=	6,0 -
Ilt	=	43,5 -
Aske	=	1,0 -
		100,0 %

Men Askemængden i Planternes forskellige Organer er dog meget forskellig og i Reglen størst i Bladene.

Knop har beregnet som Middeltal for alle Planters Tørstof (naar Svampene undtages) en Sammensætning af:

Kulstof	=	45,0 %
Brint	=	6,5 -
Ilt	=	42,0 -
Kvælstof	=	1,5 -
Aske	=	5,0 -
		100,0 %

Heraf optager Planterne alt Kulstoffet som Kulsyre gennem Bladene fra Luften og Brinten som Vand. Da der nu, som Tallene viser, i 100 Vægtdele Plantetørstof findes 45 Vgtdl. Kulstof og 6,5 Vgtdl. Brint, og der til 45 Vgtdl. Kulstof som Kulsyre svarer 120 Vgtdl. Ilt, og til 6,5 Vgtdl. Brint som Vand svarer 52 Vgtdl. Ilt, maa der til den samlede Kulstofmængde og Brintmængde oprindelig have været 172 Vgtdl. Ilt i bunden Tilstand. Da der nu kun findes 42 Vgtdl. Ilt, maa der altsaa for

*) Derimod indeholder Tørstoffet i Bladene af Runkelroer over 20 % Aske.

**) Der er ikke taget Hensyn til Kvælstofmængden i dette Middeltal.

hver 100 Vgtdl. Plantetørstof, der opstaar, frigøres 130 Vgtdl. Ilt, saa at det alene af denne Statistik fremgaar, i hvor betydelig Grad Plantevæksten virker berigende paa Luftens Indhold af fri Ilt.

Foreløbig kan vi se bort fra Askebestanddelene, der dog i visse Tilfælde indgaar ligesaafuldt som Led i de „organiske“ Stoffer, hvoraf Planten er opbygget, som Kulstoffet, Ilten, Brinten og Kvælstoffet, men i andre Tilfælde maaske kan siges at være mere „tilfældige“ Bestanddele og kan være udkrystalliseret eller opløst som Salte af organiske eller uorganiske Syrer i de i Planten cirkulerende Væsker. Kulstof, Ilt, Brint og Kvælstof er, som de ovenangivne Analyser viser, til Stede i alle Planters Tørstof i nogenlunde samme Forhold, naar alle Plantens Dele ses under et, men deres indbyrdes Forhold i deres forskellige Organer i en given Plante kan variere betydeligt. De er bundet sammen til en utalt Mængde af forskellige Stoffer, og det er meget sandsynligt, at der i hver enkelt Planteart findes et eller andet organisk Stof, som kun forekommer netop i denne Planteart. Den nærmere Beskrivelse og mere indgaaende Systematik af de organiske Stoffer, hvad enten de er uddraget af Planter eller dyriske Dele eller fremstillet paa kunstig Maade, hører hjemme i den organiske Kemi, hvortil der henvises.[69])

Der kan dog her gives følgende kortfattede Oversigt over de vigtigste Stofgrupper, der forekommer i Planternes forskellige Dele, idet Inddelingen tager mere Hensyn til de praktiske Forhold end til den strengeste kemiske Systematik.

I. Organiske Syrer. Mange af disse som Oxalsyre, Vinsyre, Æblesyre, Salicylsyre bærer Navne, der her hentyder til de Planter, hvori de forekommer, men deres Udbredelse er dog ikke indskrænket til disse Planter alene. De forekommer dels frit i Plantesaften dels som Salte — vel hyppigst Kalium- eller Calciumsalte — dels som Æterarter, d. v. s. bundet til Alkoholer.

II. Fedtstoffer, der hyppigst er *Glycerider* (Glycerinætere) af Palmitin-, Stearin- og Oleinsyre og beslægtede Syrer. Kork bestaar i Hovedsagen af en Forbindelse af Glycerin med Korksyre. Plantevoks er dels Glycerider dels ogsaa Æterarter af højere monovalente Alkoholer med fede Syrer. Nogle fedt- eller vokslignende Stoffer er ogsaa ligefrem højere Alkoholer.

III. Kulhydrater. *Monosakarider*, der enten er *Hexoser* med 6 Kulstofatomer (Glukose, Mannose, Galaktose, Lævulose m. fl.) eller *Pentoser* med 5 Kulstofatomer (Xylose, Arabinose). *Disakarider*, der under Optagelse af Vand sønderdeles i to Molekyler Hexose (Rørsukker, Mælkesukker, Maltose). *Polysakarider* (Stivelse, Cellulose) med meget store Molekuler, der kan spaltes i flere Molekuler Monosakarid.

IV. Amidstoffer,*) som enten er Syrer eller Alkoholer eller begge Dele, hvori en eller flere HO Grupper er erstattet af NH_2.*)

V. Æteriske Oljer er et Fællesnavn — uden synderlig Hensyn til den kemiske Beskaffenhed — paa oljeagtige flygtige Stoffer, der ofte giver Anledning til de for Planter ejendommelige Dufte. Man kan skælne mellem iltfri og iltholdige Stoffer. Terpentinolje, Citronolje m. fl. er iltfri. Ligeledes ogsaa Kautsjuk, medens Guttaperka indeholder Ilt og maa regnes ind under Gruppen iltholdige æt. Oljer, blandt hvilke de forskellige Kamferarter er de mest karakteristiske. Hertil slutter sig ogsaa Harpixarterne. Nogle stærkt lugtende Oljer, der stammer fra Løgplanter eller fra Korsblomstrede (Sennepsoljer), er svovlholdige.

VI. Alkaloider er kvælstofholdige Plantebaser. Mange Planters Giftvirkninger beror paa Forekomsten af Alkaloider.

VII. Glykosider og Farvestoffer er Stoffer af forskellig Art, der let spaltes i Hexoser og forskellige aromatiske Forbindelser. Nogle er kvælstofholdige. Saaledes Amygdalin i bitre Mandler, der spaltes i Glukose, Bittermandelolje og Blaasyre (CNH).

VIII. Farvestoffer er i kemisk Henseende yderst forskellige. Det vigtigste er de grønne Planters *Klorofyl.*

IX. Æggehvidestoffer. De er ligesom Kulhydraterne nogle af de vigtigste Plantestoffer. Deres kemiske Bygning er meget indviklet. De indeholder alle Kulstof, Brint, Ilt, Kvælstof, Svovl, nogle ogsaa Fosfor.

Følgende Tabel kan give en lille Oversigt over den omtrentlige kvantitative Sammensætning af de vigtigste af ovennævnte Stofgrupper. Tabellen (efter E. Ebermayer) er beregnet for det vandfri Stof.

Stoffets Art	Kulstof %	Brint %	Ilt %	Kvælstof %	Svovl %
Iltfri æteriske Oljer	86—88	12—14			
Iltholdige æteriske Oljer (herunder Harpix og Voks).	78—80	10—13	7—10		
Fedtstoffer	75—78	10—12	10—12		
Æggehvidestoffer	52—54	7	23—25	15—18	0,5—1,0
Kulhydrater	42—44	5—6	48—50		
Plantesyrer	37—41	3—3,5	55—60		

*) I den organiske Kemi skælnes mellem forskelligartede Forbindelser indeholdende Gruppen NH_2. Amider og Aminer, Amidosyrer og Aminosyrer, samt Aminosyrers Amider.

Det vilde efter denne Oversigt over de forskellige Stofgrupper, der kan forekomme i Planterne, være af Interesse at faa en Redegørelse over, hvormeget de levende Planter indeholder af de forskellige Stoffer, hvoraf de er opbygget. Men det maa erkendes, at det er forbundet med adskillige Vanskeligheder at give en saadan Oversigt. De Plantedele eller Produkter af Planteriget, der tjener til Næring for Mennesket eller dets Husdyr, er ganske vist analyseret utallige Gange efter visse konventionelle Metoder, men iøvrigt foreligger der kun et mindre Antal brugbare Analyser af Planter som Helhed.[70]) Dette skyldes blandt andet den Omstændighed, at det er et særdeles besværligt og langsomt Arbejde — hvis det da overhovedet paa Videnskabens nuværende Standpunkt i de givne Tilfælde lader sig gøre — at udføre en fuldstændig kvantitativ kemisk Analyse af Planter eller Plantedele, saaledes, at der kan gøres virkelig Rede for alle de organiske Forbindelser, der findes i paagældende Organisme.

De fleste af de foreliggende kvantitative Undersøgelser af Plantedele er, som nævnt, nærmest udført i praktisk Øjemed efter rent konventionelle Metoder, der ganske vist tillod paagældende Analytiker hurtigt at faa bragt et Resultat til Veje, der kunde tjene til en Sammenligning mellem de forskellige Plantestoffer. Undersøgelsesmetoderne gik ud paa ved visse simple Fremgangsmaader at bestemme enkelte Bestanddele i Stoffet og derefter beregne de andre tiloversblevne Stoffer. Ved at bestemme Totalmængden af Kvælstof i Plantedele søgte man at beregne Mængden af „kvælstofholdige Stoffer" saakaldet „Raaproteïn" ved Multiplikation med en given Faktor. Ved Udtrækning med Æter bestemtes Mængden af „Fedt" eller „Raafedt". Efterat saa vidt muligt alle andre Stoffer var bragt i Opløsning med forskellige Opløsningsmidler, betragtede man det tiloversblevne som „Træstof".*) Stoffets Askemængde kunde bestemmes i en særlig Portion ved Forbrænding og Vejning af den tiloversblevne Aske. Ved at sammenlægge Tallene for den fundne Mængde Vand, „Raafedt", „Raaproteïn", „Træstof" og Aske fandt man altid, at der manglede en større eller mindre Mængde Stof i den oprindelige Mængde. Den manglende Stofmængde kaldtes „kvælstoffri Ekstraktstoffer" og anførtes i Analysen, som om det var et virkelig forefundet og vejet Stof. Som det let ses, er disse Undersøgelsesmetoder, der, da de fremkom, betegnede et virkelig Fremskridt i Modsætning til tidligere Tiders fuldkomne Famlen, dog set fra et nutidigt kemisk Synspunkt behæftet med temmelig grove principielle Fejl. Kvælstoffet i det som Raaproteïn angivne Stof hidrører ikke alene fra Proteïn men ogsaa

*) D. v. s. Cellulose og ikke virkelig Træstof eller Lignin, der for største Delen bortskaffes ved Opløsningsmidlernes Indvirkning.

fra andre kvælstofholdige Stoffer særligt fra Amidstofferne, til hvilke der altsaa ikke toges Hensyn, skønt de har en anden Sammensætning end Proteïnstofferne. Æterekstrakten „Raafedtet“ bestaar ikke alene af Fedt, men ogsaa af andre æteropløselige Stoffer, saasom Voks, Harpix, Klorofyl m. m. Alle de uundgaaelige eller tilfældige Analysefejl blev af Indflydelse paa Tallet for „kvælstoffri Ekstraktstoffer“. Dog har der efterhaanden arbejdet sig bedre analytiske Metoder frem i Overensstemmelse med den moderne Kemis Fordringer om, at man i en Analyse kun maa angive de Stoffer, der virkelig er fundet. Man søger at bestemme ikke alene „Raafedt“ men ogsaa Fedtets Art ved forskellige ofte meget indviklede Metoder, man skælner mellem virkelige Æggehvidestoffer, der udfældes og bestemmes særskilt og andre kvælstofholdige Stoffer. Man søger at bestemme de virkelig tilstedeværende Mængder af Sukker, Stivelse, Cellulose m. m. i Plantestoffet og stræber saaledes paa alle Punkter at faa virkelig Klarhed over Plantedelenes Sammensætning, men endnu staar der en Del tilbage at ønske i saa Henseende.

Blandt de i Tabellen S. 131 nævnte Stoffer er det navnlig Grupperne Kulhydrater, Fedtstoffer og Æggehvidestoffer, som har Betydning, da de i den ene eller anden Form tjener til Føde for Dyr og Mennesker. Deres nærmere Fordeling i Plantens Legeme og den Rolle, de spiller under Plantens Vækst, maa siges at høre ind under Plantefysiologiens Omraade og kan ikke omhandles her.

Askebestanddelene. Ved Forbrænding af Plantedelene bliver der altid en større eller mindre Rest af uorganiske Stoffer tilbage som Aske. Ved Forbrændingen af det organiske Stof gaar ogsaa det i Planten tilstedeværende Kvælstof bort, og forsaavidt som det har været bundet som Ammoniumforbindelse eller som Nitrat, kan man altsaa sige, at der ved Indaskningen er lidt et Tab af uorganisk Stof, medens man iøvrigt tør gøre Regning paa, at de andre uorganiske Stoffer findes bevaret i det Mængdeforhold*) om end ikke i de samme kemiske Forbindelser som de, hvor under de fandtes i den levende Plante. Ved at veje Plantedelene før Forbrændingen og bagefter veje Asken faas en kvantitativ Bestemmelse af denne.

Herved er dog at bemærke, at man maa skælne mellem „Renaske“ og „Raaaske“. Ved Renaske forstaas de uorganiske Bestanddele, som virkelig har været knyttet til den levende Plante som en Del af Plantens Væv eller opløst i dens Safter, mens Raaaske simpelthen er den hele Askemængde, der efter-

*) Dette gælder dog kun med et vist Forbehold for Svovl og Fosfors Vedkommende. Vil man have fuld Sikkerhed for, at disse Stoffer ikke delvis gaar bort ved Forkulningen af det organiske Stof, kan man til Plantedelene sætte Salpeter og Natriumkarbonat, hvorved en Forflygtigelse af nævnte Stoffer forhindres.

lades ved Forbrænding af Plantedelene og derfor, naar der ikke er draget særlige Forholdsregler, ogsaa indeholder de uorganiske Rester af det Støv eller de Jordpartikler, der altid i større eller mindre Grad er klæbet uden paa Planten eller tilfældig er kommet ind i en eller anden Hulhed i Planten. Der er ogsaa andre Forsigtighedsregler, der maa iagttages ved Askebestemmelser: at fx. Kloriderne i Asken ikke gaar bort ved for stærk Varme, at det tilstedeværende Calciumkarbonat ikke mister sin Kulsyre m. m., saa det er ikke saa helt let en Sag at gøre en paalidelig Askebestemmelse.

Som det fremgaar af Tabellen S. 128, indeholder de forskellige Planter forskellige Askemængder, og ved nærmere Undersøgelser viser det sig, at disse uorganiske Bestanddele er meget ulige fordelt i den enkelte Plantes forskellige Organer. Som Eksempel her paa kan anføres efter Ebermayer:

Askemængden i Tørstoffet af Bøg.

	Maksimum %	Minimum %	Middeltal %	Antal Analyser %
Stammen af 50—90aarige Træer ...	0,53	0,35	0,42	6
Meget svære Grene	0,88	0,58	0,72	4
Middeltykke Grene	1,24	0,94	1,10	2
Kvasbrænde	1,90	0,82	1,44	3
Ganske tynde Kviste	2,10	1,64	1,87	2
Bøgeblade i August	7,0	2,8	4,91	13
Bøgeblade i November	9,9	5,5	7,05	7

Andre Plantearter viser ganske lignende Forhold. Bladene er altsaa de askerigeste Dele af Planten, Stammen den askefattigste. Jo ældre Bladene er, desto rigere er de paa Askebestanddele, væsentlig paa Grund af, at der aflejres Kalksalte i deres Væv. De forskellige Grundstoffer, der hidtil er paavist i Planterne, er væsentlig følgende; hvoraf dog Brint og Kvælstof og den største Del af Kulstoffet gaar bort ved Forbrændingen til Aske, medens de andre Stoffer findes som Salte i Asken:

Aluminium, Antimon, Arsen, Barium, Bly, Bor, Brint, Brom, Calcium, Fluor, Fosfor, Ilt, Jærn, Jod, Kalium, Klor, Kobber, Kobalt, Krom, Kulstof, Kvægsølv*), Litium, Magnium, Mangan, Natrium, Nikkel, Rubidium, Selen, Silicium, Strontium, Svovl, Sølv, Tellur, Thallium, Tin, Titan, Vanadin, Zink.

Det er sandsynligt, at man ved nærmere Eftersøgning vilde kunde paavise saa godt som alle kendte Grundstoffer i Planterne. De fleste af disse Stoffer findes dog kun i yderst ringe Mængde i Planteasken og

*) Kvægsølv forflygtiges ogsaa ved Indaskningen.

maa anses som tilfældig tilstedeværende Gæster, der har været opløst i Jordvandet, og som Planten maaske derfor har været nødt til*) at optage sammen med de egentlige Næringsstoffer, d. v. s. de Stoffer, som er nødvendige, for at Planterne kan trives. Disse Stoffer anføres i Almindelighed som „de fire Syrer" og „de fire Baser" og er:

Kulsyre	Kali
Salpetersyre	Kalk
Fosforsyre	Magnesia
Svovlsyre	Jerntveilte

hvortil kommer Vand og fri Ilt (for Aandedrættets Skyld). I de fleste Landplanters Aske findes dog hyppigt ogsaa Aluminium og Mangan, saa at disse Stoffer næppe er helt tilfældige Gæster. Det samme gælder Fluor og Jod samt tildels Brom i Tangarternes Aske. Kiselsyre, Natron og Klor er ogsaa sædvanlige Bestanddele af Planteaske, men man mener gennem Kulturforsøg i Vand at have fastslaaet, at Planterne dog kan trives uden Tilførsel af disse Stoffer. Som fremhævet fra anden Side kan der om disse Stoffer, som almindelig forekommer i Planterne, anføres: „Fordi alle disse Stoffer**) ikke er nødvendige for Planten, er det ingenlunde givet, at de ikke kunne være *nyttige*. Bortset fra deres Indflydelse paa Jordbundens fysiske Egenskaber, kunne disse Stoffer bidrage til at holde en passende Reaktion i Jorden, og endelig er det paavist, at hvor der ikke findes andre Salte, kræves en større Mængde af de nødvendige Askebestanddele til en Plantes normale Udvikling, end hvor Planten ogsaa kan optage Natron, Kiselsyre o. a." *(W. Johannsen)*.

Der foreligger i Litteraturen en stor Mængde Analyser af Planteaske. I omstaaende Tabel er gjort et lille Udvalg af en af *E. Ebermayer*

*) Det anførte om, at Planterne er nødt til at optage de Stoffer, der bydes dem i Opløsning i Jordvandet, er kun tildels rigtig. Der kan saaledes eksempelvis anføres Forsøg (først udført af *Löw & Bokornij*), der viser, at levende Alger er i Stand til at uddrage Sølv af en yderst fortyndet svagt alkalisk Opløsning af Sølvnitrat (1 Del i 100 000 Dele Vand). Anbringer man en levende Algetraad i en saadan Opløsning, bliver Traaden efter kort Tids Forløb brunlig og er efter 12 Timer helt sortfarvet af amorft Sølv. Dræbte Algetraade farves ikke. Ogsaa alkaliske yderst fortyndede Opløsninger af Guld og Platinsalte reduceres paa lignende Maade i levende Algetraade, hvorimod der ikke udskilles Metal af Kobber- eller Blyopløsninger. Planterne synes altsaa til en vis Grad at kunne udvælge de Stoffer, der passer dem, naar de bydes dem i Opløsning. Midlet hertil er den forskelligartede osmotiske Evne, som de Væv besidder, hvorigennem de nævnte Opløsninger skal passere. Concentrationen af den Opløsning, der diffunderer ind i Planten er ofte meget forskellig fra Opløsningen uden for Planten.

**) Cl, Na, Si, F, Zn, Al, Mn.

udført større Samling. Angivelserne er beregnet for 1000 Vgtdl. af Tørstoffet af paagældende Plante.

	Renaske	Kali K_2O	Natron Na_2O	Kalk CaO	Magnesia MgO	Jernilte Fe_2O_3	Fosforsyre P_2O_5	Svovlsyre SO_3	Kiselsyre SiO_2	Klor Cl
	‰	‰	‰	‰	‰	‰	‰	‰	‰	‰
Hvedekorn	19,6	6,11	0,41	0,64	2,36	0,25	9,26	0,08	0,38	0,06
Hvedehalm	53,7	7,33	0,74	3,09	1,33	0,33	2,58	1,32	36.25	0,90
Rugkorn	20,9	6,71	0,31	0,62	2,35	0,26	9,98	0,27	0,29	0,10
Rughalm	44,6	10,06	0,78	3,66	1,38	0,85	2,91	1,90	21,97	0,97
Ærter	27,3	11,77	0,27	1,31	2,18	0,23	9,80	0,98	0,25	0,43
Ærtehalm	51,3	11,75	2,09	18,89	4,15	0,88	4,13	3,21	3,50	2,89
Kartofler	37,9	22,76	1,12	1,00	1,87	0,42	6,39	2,47	0,77	1,31
Kartoffeltop	94,2	25,39	1,37	29,05	13,35	3,40	6,87	4,38	6,55	5,90
Runkelroer	75,8	39,58	12,33	2,83	8,26	0,57	6,47	2,29	1,55	7,55
Roeblade	153,4	47,09	29,82	16,34	14,62	2,16	9,97	8,61	5,57	24,51
Bøgestamme 200 aarig	3,76	1,00	0,08	1,56	0,74	0,05	0,22	0,03	0,03	
Bøgeblade i August	49,10	9,90	0,80	14,30	3,66	0,43	4,08	1,18	14,67	
Skovfyrstamme 100 aarig	3,03	0,43	0,03	1,63	0,32	0,01	0,18	0,11	0,08	
do. de grønne Naale	19,34	5,80	0,15	4,61	1,33	1,35	3,09	0,92	0,65	

Af Tabellen fremgaar dels de forskellige Krav, som de anførte Planter stiller til Jordbunden med Hensyn til de forskellige uorganiske Plantenæringsstoffer, dels ogsaa, hvor forskelligt Askeindholdet og Askens Sammensætning er i den enkelte Plantes Dele. Saaledes indeholder fx. Kornsorternes Frø ikke den halve Askemængde af, hvad Halmen indeholder, men omtrent 4 Gange saa meget Fosforsyre, medens Kiselsyremængden i Halmen er omtrent 90—100 Gange saa stor som i Kornet. Asken af Bøgeblade indeholder omtrent 10 Gange saa meget Kali og Kalk og 20 Gange saa meget Fosforsyre som Asken af Stammen. Man vil ogsaa af saadanne Bestemmelser i Forbindelse med Tørstofbestemmelser kunne beregne, hvor meget af de forskellige uorganiske Stoffer, der bortføres aarligt ved de forskellige Afgrøder. Eksempelvis kan anføres følgende:

En Hvedeafgrøde, der fx. giver 4000 Kg. Kærne og 7000 Kg. Halm pr. Hektar, indeholder c. 65 Kg. Kali (K_2O). Antages Kalimængden at hidrøre fra dekomponeret Granit vil den svare til omtrent 1000 Kg. Granit eller $^1/_3$ $M.^3$, forsaavidt al Kali i Graniten blev frigjort.

En Runkelroeafgrøde, der giver 60000 Kg. Roer og 15000 Kg. Top for Hektar, indeholder i Roerne omtrent 290 Kg. Kali og i Toppen omtrent 70 Kg., ialt 460 Kg., hvad der vil svare til omtrent 2 $M.^3$ dekomponeret Granit.

Gennem Husdyrene kan der ogsaa indirekte bortføres Stoffer fra Jordbunden. Man har saaledes beregnet, at:[71])

Et stort Stk. Kvæg indeholder for hvert 500 Kg. levende Vægt $0{,}85$ Kg. K_2O, $9{,}3$ Kg. P_2O_5, $10{,}4$ Kg. CaO.

Et Svin paa 150 Kg. indeholder $0{,}27$ Kg. K_2O, $1{,}32$ Kg. P_2O_5 og $1{,}38$ Kg. CaO.

Et Faar paa 50 Kg.: $0{,}07$ Kg. K_2O, $0{,}61$ Kg. P_2O_5, $0{,}66$ Kg. CaO.

Hvormeget af disse Stoffer, der vender tilbage til Jorden — hvorfra de er taget — i Form af Gødning, afhænger ganske af Maaden, hvorpaa Landbruget drives paa paagældende Sted. I det moderne Landbrug, hvor meget af de udvundne Produkter sælges, hvad enten det sker i Form af Kornsalg eller Kvægsalg, bortføres der betydelige Mængder af plantenærende Stoffer, som ikke mere vender tilbage. Gennnem Smørsalg mistes derimod næsten intet af de uorganiske Stoffer, da det solgte Produkt er omtrent askefrit (bortset fra tilsat Kogsalt). Ved Roesukkerproduktionen, hvor Salgsvaren Sukkeret ogsaa er næsten askefrit, og hvor Toppene nedpløjes eller opfodres, og „Snitterne" opfodres, mister Landbruget dog meget betydelige Kalimængder gennem Roesaften, hvoraf Sukkeret udvindes, med mindre der, efter at Sukkeret for en Del er udvundet, af Saften af Resten fremstilles Melassefoder, og dette gaar tilbage til Roedyrkerne. Ved Opfodring af indkøbte Foderstoffer og Benyttelse af Gødningen som Husdyrene derved leverer, tilføres der omvendt Jorden betydelige Mængder af Plantenæringsstof. Det nærmere om disse Forhold vil blive omtalt i det følgende under „Gødningsstoffer".

Hvorvidt det er nødvendigt og lønnende at tilbageføre til Jorden ligesaa store Mængder af de uorganiske Plantenæringsstoffer, som der aarligt borttages gennem Afgrøderne, afhænger af flere forskellige Forhold. Tilbagegives der ikke ligesaa meget, som der er taget, drives der Rovdrift, i modsat Tilfælde derimod en mer eller mindre fuldstændig Erstatningsdrift. Rovdrift under Jorddyrkning er at ligne med Minedrift, hvor Jordens Forraad af Kul eller Malm borttages, saalænge som Udbyttet lønner Arbejdet, hvorefter Minen er værdiløs. Erstatningsdrift

er som ved en veldrevet industriel Virksomhed fx. et Bomuldsvæveri, hvor Raamaterialet „kommer ind i den ene Ende af Maskinen og kommer ud i den anden Ende“ som færdig Vare: Bomuldstøj. Ligesom der ikke kan frembringes mere Bomuldstøj, end der er anvendt Bomuld, kan der heller ikke frembringes en større Mængde Korn, Roer osv. af Jordbunden, end hvad der svarer til den Mængde Plantenæringstof, der er forhaanden, hvad enten det direkte gives Jorden, eller allerede forud fandtes i Jordbunden i en saadan Form, at det var tilgængeligt for Planterne.

Der er dog ved Produktion af organisk Stof ved Jorddyrkning en saa ejendommelig Forskel i Sammenligning med al industriel Virksomhed, at Planteavl har en ganske særegen Stilling og i saa Henseende ikke kan sammenlignes med noget andet ikke engang med Husdyrbruget, som den dog i mange Henseender ligner. Naar et Frø nedlægges i Jorden, kan der deraf opvokse en Plante, der indeholder den mangedobbelte Mængde af organiske Stoffer: Kulhydrat, Fedt og Æggehvidestof m. m.

Disse Stoffer tilvejebringer eller fabrikerer Planten selv under sin Vækst ved Naturens Hjælp af Luftens Kulsyre og Vandet i Jordbunden i Forbindelse med den ringe, men uundværlige Mængde af uorganisk Materiale, som Jorddyrkerne maa sørge for bringes til Veje, eller som maaske allerede forud er til Stede i Jordbunden. Der skabes altsaa tilsyneladende ved Plantevæksten ny Stofmængder, og herved adskiller Plantedyrkning sig som sagt fra al industriel Virksomhed, hvorved der kun kan foregaa en Omdannelse en Forædling af de foreliggende Raastoffer. Forskellen er dog kun tilsyneladende og beror paa, at de levende Planter kan benytte Energikilder navnlig Sollyset og den osmotiske Kraft, som Mennesket endnu kun højst ufuldkomment har lært at tage i sin Tjeneste i industrielt Øjemed. Den „Livskraft“, som Planterne er i Besiddelse af, gaar i alt Fald for en ret væsentlig Del ud paa ved et fint Sammenspil af forskellige Naturkræfter (fysiske og kemiske Kræfter) at sammensætte „organiske Stoffer“ af det uorganiske Raamateriale, som Omgivelserne — Luften, Vandet og Jordbunden — frembyder. Virkelig nyt Stof kan ikke opstaa men kun mer eller mindre komplicerede Omlejringer af det fra „Tidernes Begyndelse“ foreliggende Materiale. Spørgsmaalet om Livskraftens andre Yttringer udover Stoffernes Omlejringer maa henvises til Biologiens Efterforskninger (Smgl. 1. Bd. S. 2—4).

Hvad selve Dannelsen af de „organiske Stoffer“ i Planter og Dyr angaar, saa har det sidste Aarhundredes kemiske Undersøgelser vist — i Modsætning til tidligere Tiders mystiske Anskuelser — at der i og for sig ikke er noget som helst mere mirakuløst ved deres Fremkomst af

Kulstof, Ilt, Brint og Kvælstof (eller af Forbindelser af disse Grundstoffer) end fx. Ferrihydroxyds (Rust) Opstaaen af Jern, Ilt og Brint. Man kan allerede nu fremstille ikke saa faa af de i Planter og Dyr værende organiske Stoffer af deres uorganiske Grundbestanddele, og denne „de organiske Stoffers Synthese“ gaar fremad hver Dag med Kemiens stigende Fremskridt. Det kan derfor kun betragtes som et Tidsspørgsmaal, naar man er naaet saa vidt, at det er blevet muligt at fremstille Kulhydrater, Fedt, Æggehvide, Alkaloider osv. ad ren uorganisk Vej. selv om „den gamle Maade“ ved Hjælp af Planter og Dyr endnu maaske af økonomiske Grunde i lange Tider bliver den mest farbare Vej til at frembringe disse for Mennesker uundværlige Produkter.

Det vil dog maaske i denne Sammenhæng ikke være overflødigt at erindre om, at selv om alle de kendte og endnu ukendte organiske Stoffers Synthese lykkes — og at dette ikke er noget uopnaaeligt Fremtidsmaal maa anses for sikkert — saa er det dog fuldkomment umuligt for Mennesker at fremstille nogensomhelst Plante eller selv den mindste Plantedel, d. v. s. Stofferne i den organiserede Form, hvori de findes i levende Væsener. Om dette gælder fuldt ud Digterens Ord:

Gik alle Konger frem paa Rad
I deres Magt og Vælde,
De mægted' ej det mindste Blad
At sætte paa en Nælde.

Planternes Ernæring. I Frøet er der fra Moderplanten medgivet den unge Kimplante en snart større snart mindre Mængde af færdigt dannede organiske Stoffer: Stivelse, Fedt og Æggehvide altsaa tilberedt Næringsstof i den mest koncentrerede Form. Disse Stoffer, der i høj Grad maa siges at være letfordærvelige Varer, der meget hurtigt omdannes og ødelægges, naar de udsættes for Luftens og Fugtighedens fri Adgang, kan i Frøene, naar Frøskallen er ubeskadiget, ofte holde sig i aarevis, ja endog i mange Aar[72]) uden at lide nogen synderlig Forandring bortset fra den ringe Mængde Stof, der forbrændes ved den hvilende Kims svage Aandedræts-Virksomhed. De fleste Planters Frø viser en saadan større eller mindre Modstandskraft, saa at Oplagsnæringen i Frøet ikke fordærves eller omsættes, førend den kan tjene til den unge Plantes Ernæring.*) Hvor naar dette sker — d. v. s. hvor lang

*) Som Eksempler paa det anførte kan forskellige Erfaringer om Plantedeles Holdbarhed anføres. „Paddy“, det er uafskallet Ris, taaler selv i Tropevarme

Tid der hengaar mellem Modning og Spiring — er meget forskellig for de forskellige Plantearter, og den nærmere Undersøgelse heraf hører ikke hjemme i Jordbundslæren. Det er dog fra et almindelig naturhistorisk Synspunkt værd at erindre om, at blandt mange Planters Frø kan der findes et større eller mindre Antal saakaldte haarde Frø, som i udpræget Grad viser denne Modstandskraft. Saadanne haarde Frø synes i mange Aar at kunne henligge i Jorden uden at spire. Naar gunstige Omstændigheder indtræffer af en eller anden ydre Aarsag, kan disse Frø vækkes til Virksomhed og spire, saa at de i ikke ringe Grad kan tjene til Artens Bevarelse under midlertidig ugunstige Forhold, hvorunder det normale Frø eller Planten, der opstaar af det normale Frø, gik til Grunde.

Midlerne, hvorved de letfordærvelige Næringsmidler, som Moderplanten har medgivet Kimen, er i Stand til at udfolde saa stor Modstandskraft, som baade haarde og normale Frø er i Besiddelse af, kan være forskellige. Frøene kan ofte fra Naturens Haand være forsynet med en solid veltillukket Emballage, ved at være indpakket i haarde Skaller eller sejge Hinder, der kan beskytte dem mod Overlast. Ofte er tillige Næringsstofferne indenfor Emballagen i det modne Frø haardt og tæt sammenpakket, saa at der kun findes en forholdsvis ringe Vand- og Luftmængde indblandet mellem Oplagsnæringen. Saaledes indeholder et modent Havrekorn kun c. 14 % Vand, medens en fuldvoksen Havreplante i fuld Groning indeholder c. 80 % Vand.

Naar Temperaturen ikke gaar under et vist for paagældende Planteart karakteristisk Minimum og heller ikke stiger saa højt, at Planten dræbes, kan Kimen i Frøet spire under Optagelse af Vand, og den unge Kimplante kan under stadig Vandoptagelse og i Reglen ogsaa under Optagelse af Ilt fra Luften fortære og omsætte de i Frøet værende Stoffer. Herved vokser den og faar Lejlighed til at udfolde de Organer navnlig Blade og Rødder, der kan tjene den til at optage fra Omgivelserne de nødvendige Raastoffer, som Planten nu maa have

---

nogenlunde godt at blive fugtig og atter tør, naar den fugtige Tilstand ikke er af for lang Varighed. Afskallet Ris „Risengryn“ kan derimod ikke taale den mindste Fugtighed. En Sæk Ris, dette uundværlige Fødemiddel under Troperne, er uhjælpelig ødelagt, naar den bliver gennemblødt (og ikke straks spises), Stivelsen i Risen gaar næsten straks efter Gennemfugtningen i stærk „sur Gæring“. Jordnødder kan, naar de opbevares i Skallerne (Bælgene), meget vel taale Transport fra eksotiske Lande til Danmark, uden at Jordnødoljen, det velsmagende Fedtstof i dem, lider nogen Forandring. Jordnødkager, d. v. s. afskallede knuste Jordnødder, hvoraf Fedtet tildels er udpresset, bliver i Løbet af kort Tid selv i vort kølige Klima saa dekomponerede, at Fedtet i dem næsten helt forsvinder og giver Plads for „fri fede Syrer“.

Ulejligheden selv at forarbejde til eget Brug, naar de fra Frøet hidrørende færdig tillavede Stoffer er forbrugt.*)

Da den her givne kortfattede Oversigt væsentlig kun drejer sig om de grønne Planters Ernæringsforhold, behøver vi ikke at komme nærmere ind paa, at nogle Planteformer aldrig naar til det Stadium, at de selv tilbereder deres Føde af Raastofferne. De lever af de i andre levende og døde Væsener værende mer eller mindre tilberedte organiske Stoffer og er Snyltere.

Medens mange Frø i lufttør Tilstand taaler selv temmelig langvarig Afkøling til mange Grader under Frysepunktet uden at tage Skade, maa der som Regel være en vis ikke for lav Varmegrad tilstede, for at Frøet kan spire. Vore Sædarter kan spire ved c. 5°, medens Planter som Majs, Tobak og Solsikker kræver noget højere Temperatur, og Agurker og Meloner næppe kan spire under 14°. Som gunstigste Spiringstemperatur for de fleste af Kulturplanterne angives 20—25°. Spiringen bliver ogsaa forhindret, naar Varmegraden stiger for højt. Saaledes angiver *Haberlandt*, at Sædarterne (Hvede, Rug, Havre, Byg) ikke kan spire, naar Temperaturen gaar over 30—37°, medens Maksimums-Spirevarmegraden for Lupiner, Lucerne, Rødkløver, Boghvede m. m. ligger ved 37—44° og for Majs, Hamp, Græskar, Agurker og Meloner er 44—50°. Tallene kan variere noget ikke alene for de forskellige Planter men for forskellige Frø af samme Plante. Frø kan, selv om det ikke spirer, dog taale Ophedning til langt højere Temperaturer (til 100° og derover) end de angivne Maksimum-Spirevarmegrader, naar Frøet er i lufttør Tilstand. I fugtig Tilstand dræbes derimod de fleste Frø ved stærkere Opvarmning (over 70°), naar Varmen faar Tid til at trænge ind i Frøet.

En Hovedbetingelse for Spiringen er foruden en passende Temperatur Tilstedeværelse af en tilstrækkelig stor Vandmængde. Frøene optager herved Vand og svulmer op — kvælder ud — med meget stor Kraft. Som Eksempler paa, hvor meget Vand et lufttørt Frø kan optage, naar det nedsænkes i Vand, kan følgende Angivelser tjener efter *R. Hoffmann's* Bestemmelser:

	De lufttørre Frø indeholdt i % af Tørstoffet	De vandmættede Frø indeholdt i % af Tørstoffet
Hvede	14,0 % Vand	59,6 % Vand
Rug	13,0 - —	71,7 - —
Ærter.........	10,2 - —	117,1 - —
Hestebønner ...	9,0 - —	113,1 - —

*) Det samme gælder Knolde som Kartofler, Løg, Udløbere fra Planter, der skilles fra Moderplanten og selv fæster Rod m. fl.

De forskellige Plantearters Frø optager Vandet ulige let. Ofte kan det hjælpe paa Hurtigheden, naar Frøene først tørres skarpt, og derefter sættes i Støb. Spørgsmaalet herom, saavel som om „haarde“ Frøs Behandling kan være af stor Vigtighed i landøkonomisk og forstlig Henseende men kan ikke behandles her.

Det hvilende Frø udfører en Aandedrætsproces, hvorved der indsuges Ilt og udaandes Kulsyre. Herved foraarsages der et Stoftab, som fx. giver sig tilkende ved en Vægtformindskelse, naar Sædevarer opbevares. Efter *R. Sachsze* svinder saaledes ved Opbevaring ifølge Forsøg anstillet i store Kornmagasiner [73]):

	det første ¼-Aar	det andet ¼-Aar	det tredje ¼-Aar	det sidste ¼-Aar	Hele Aaret
Byg	$1{,}8$ %	$0{,}9$ %	$0{,}5$ %	$0{,}8$ %	$3{,}0$ %
Havre ...	$1{,}7$ -	$0{,}9$ -	$0{,}6$ -	$0{,}8$ -	$3{,}5$ -

Noget af Svindet skyldes dog nok Udtørring af Kornet men ogsaa noget Aandedrætsvirksomheden. Denne er dog kun ringe ved hvilende Frø men vokser op til en betydelig Virksomhed, naar Frøene spirer. Kimplanterne vokser frem og bliver større og større, men dette sker udelukkende ved Optagelse af Vand; Mængden af organiske Stoffer bliver mindre og mindre. Ved saaledes at lade Hvede og Ærter spire i Mørke har *Boussingault* fundet:

	Tørstof-indhold	Tørstofindholdet af de i Mørke opvoksende Kimplanter	Tab
46 Stk. Hvedekorn ..	$1{,}665$ grm.	$0{,}713$ grm.	$0{,}952$ grm.
10 Stk. Ærter	$2{,}237$ -	$1{,}076$ -	$1{,}161$ -

Tabet af Tørstof er foraarsaget ved Aandedrætsvirksomheden. Man har ogsaa direkte maalt den udaandede Kulsyre. Saaledes fandt *Garreau*, at spirende Frø af følgende Planter for hvert 1 grm. Tørstof, Frøet indeholdt, i 24 Timer udviklede følgende Mængde Kulsyre [74]):

	CO_2 cm^3
Lactuca sativa Salat	$82{,}5$
Valerianella olitoria Tandfri Krop	$125{,}0$
Papaver somniferum Opiatvalmue	$122{,}0$
Sinapis nigra Sennep	$58{,}0$
Lepidium sativum Karse	$48{,}0$

Denne Aandedrætsvirksomhed kan dog kun fortsættes, saalænge der er Oplagsstoffer nok, og Kimplanten gaar til Grunde, hvis den ikke i Tide faar tilført Stoffer fra Omgivelserne, saa at Livet kan fortsættes ved Hjælp af de under Spiringen og den videre Vækst udviklede Organer.

Planterne benytter under Indsamlingen af Næringsstofferne fra Omgivelserne paa forskellig Maade dels de overjordiske grønne Organer (Blade og undertiden Stængelen) dels Rødderne. Den nærmere Beskrivelse af disse Organers Bygning maa overlades til Botanikerne og Plantefysiologerne, og vi kan her kun kort dvæle ved nogle almindelige Træk, forsaavidt som de direkte vedrører Stofoptagelsen.

Som det vil vides, er Planterne sammensat af Forbindelser af Ilt, Brint, Kvælstof samt den større eller mindre Mængde Askebestanddele. Omtrent Halvdelen af Tørstoffet i Planterne udgøres som vist af Kulstof. Dette hidrører udelukkende fra Luftens Kulsyre, der trænger ind i Planten hovedsagelig gennem Bladenes Spalteaabninger og som sammen med det ad anden Vej optagne Vand og smaa Mængder af de andre Stoffer under Iltudvikling omdannes til organisk Stof i de bladgrøntholdige Dele af Planten. Om disse Organer kan der fra *E. Warming:* „Den almindelige Botanik“ hidsættes følgende. De forskellige Former af Blade beskrives, og om den vigtigste af disse Løvbladet lyder:

„Løvbladene ere særligt karakteristiske for Ernæringsskuddet. I daglig Tale menes med „Blade“ i Regelen kun Løvbladene. De ere de formrigeste og største af alle Plantens Blade. Deres utallige Former ere naturligvis ikke Tilfældets Værk, men at gøre Rede for Nytten eller Nødvendigheden af hver Arts specielle Form, er os endnu ikke muligt. Tre forskellige Faktorer maa i al Almindelighed antages virksomme ved Løvbladenes Formdannelse; for det første Tilpasningen til det fysiologiske Arbejde, som de have at udføre; for det andet Tilpasningen til den omgivende Natur og for det tredje den for enhver naturlig Gruppe fælles Grundtype, hvis Tilblivelse endnu er os en Gaade.

Hvad først angaar *deres Arbejde,* da have de en for Plantens Liv yderst vigtig Funktion, idet de ere dens Assimilationsorganer, i hvilke navnlig Raastoffet, nemlig den fra *Luften hentede Kulsyre og det fra Jorden hentede Vand med opløste Næringssalte,* forarbejdes. Derfor ere de for det første *grønne, thi kun i bladgrøntholdige Plantedele foregaar Kulsyreassimilationen,* og da det kun er ved Lysets Hjælp, at dette kan ske, maa Løvbladenes Former og Stillingsforhold være saaledes, at de kunne *belyses paa den mest hensigtssvarende Maade.* Jo større Pladen er, desto kraftigere kan Ernæringsarbejdet være, alt andet lige, og jo tyndere den er, desto bedre kan den gennemlyses.

Af disse Grunde have saa mange Løvblade de bekendte *store og*

tynde, mere eller mindre udbredte Flader, fra hvilket Navnet „bladagtig“ stammer.

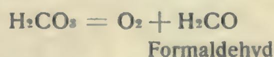
Naar Løvbladene overtage usædvanlige Arbejder i Ernæringslivet, f. Eks. hos de insektædende Planter, faa de ogsaa i Samklang hermed usædvanlige Former.

For det andet *spille Løvbladene en vigtig Rolle ved Fordampningen fra Planten;* jo større, tyndere og mere tyndhudede de ere, desto lettere vil Vandet som Regel fordampe fra dem, d. e. desto lettere ville de visne. Der vil derfor altid være en nøje Sammenhæng mellem Beskaffenheden af en Plantes Løvblade og de Fordampningsforhold og den Adgang til Vandforsyning, der hersker paa dens naturlige Vokseplads, og naar mange Løvblade ikke have store og tynde Flader, men f. Eks. som Lyngplanternes og Naaletræernes ere smalle, linie- eller naaleformede eller skalformede, udtrykker denne Bygning, som nedstemmer Fordampningen, at de ere tilpassede til at leve paa tørre eller fysiologisk tørre Steder. Men Bladene blive i Regelen desto talrigere, jo mindre de ere. Skyggeplanters Blade ere ofte store og tynde .... Kulsyreassimilationers Organer ere i Cellen *Bladgrøntlegemerne* respektive andre Kromatoforer. De Celler, der udmærker sig ved Rigdom paa Bladgrønt, kaldes *Grønceller,* og de Væv, der bestaa af disse, kaldes *Grønvæv.* Grønvævene ere da en væsentlig Bestanddel af alle ydre Organer, der ere Hovedsæde for Kulsyreassimilationen, nemlig *Løvbladene* og visse *Stængler* .... Grønvævene danne *tynde Lag* nær Plantedelenes Omkreds, da Lyset kun saaledes kan paavirke dem tilstrækkeligt. De sædvanlige tynde *Løvblade,* for hvilke Kulsyreassimilationen er en vigtig Opgave, ere helt igennem bladgrøntholdige, naar Overhuden og Nerverne undtages .... Ogsaa i andre Plantedele er der ofte Grønvæv, som overhovedet findes overalt, hvor der er Mulighed for Kulsyreassimilation.“

Lysets Indvirkning paa Grønkornene i Grønvævet foraarsager, at Kulsyren og Vandet forbinder sig til organisk Stof under Iltudvikling, en Proces, der er endotermisk og kræver en meget betydelig Energitilførsel udefra. Hvad der egentlig foregaar mellem Lysstraalerne og Grønkornene kendes endnu ikke i Enkeltheder, men det er klart, at der herved sker en virkelig Absorption eller Tilbageholdelse af visse — væsentlig de røde — Straaler i det hvide Lys. Grønkornene har den Evne at kunne bremse Lysstraalerne paa deres Vej og derved omsætte den i dem værende Lysenergi til kemisk Energi. Dette viser sig ved, at de opstaaede Produkter — Stivelse, Cellulose osv. — har en meget stor Forbrændingsvarme, medens Udgangsmaterialet Kulsyre og Vand er Stoffer, der ikke kan forbrænde, da de er fuldt iltede.

Et af de almindeligste Omsætningsprodukter, der opstaar i de grønne Blade ved Lysets Indvirkning, er Kulhydratet Stivelse (i nogle Planter andre Kulhydrater). Da Stivelse har en kompliceret molekulær Bygning med mange Kulstofatomer i Molekulet, kan dette Stof dog paa ingen Maade antages at være det første Stof, der opstaar af Kulsyre og Vand, men der maa gaa simplere byggede Trin forud. Det er vistnok endnu ikke lykkedes med fuld Sikkerhed kemisk at paavise saadanne Begyndelsestrin til Stofdannelse i de grønne Blade, men der er meget der taler for den fra forskellige Sider fremsatte Anskuelse, at Formaldehyd (Myresyrens Aldehyd) skulde være det første Trin.

Man kunde tænke sig, at der i Cellesaften var opstaaet den egentlige Kulsyre H_2CO_3 ved Forbindelse af Kulsyreluft CO_2 (alm. kaldet Kulsyre) og Vand. Kulsyren afgiver derefter Ilt, naar den bliver belyst i de grønne Blade:



$$H_2CO_3 = O_2 + H_2CO$$

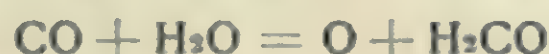
Formaldehyd

Efter andre Anskuelser, som dog maaske næppe er saa sandsynlige, dannedes først Kulilte og Ilt:



$$CO_2 = CO + O$$

hvorefter Kulilten forenede sig med Vand til Formaldehyd under yderligere Iltudvikling



$$CO + H_2O = O + H_2CO$$

Formaldehyd besidder i udpræget Grad de for Aldehyder karakteristiske Egenskaber navnlig Evnen til let at omsætte sig med andre Stoffer og til at kondensere sig, saa at flere Molekuler smelter sammen til et større Molekul. Af Formaldehyd kan saaledes ved Kondensation opstaa Sukkerarten Formose $C_6H_{12}O_6$, hvoraf der atter kan opstaa andre Forbindelser under Optagning af Vandets Bestanddele i Molekulet, saa at Opbygningen af de forskellige Kulhydrater ad Formaldehyd-Vejen i alt Fald paa Papiret gaar ret glat.

Som andre Virksomheder, der er knyttet til Organismer, er Kulsyreassimilationen i Bladene afhængig af Temperaturforholdene. For de forskellige grønne Planter er der en nedre Grænse i Varmegrad et Minimum, under hvilket der slet ikke assimileres Kulsyre, der er en Varmegrad et Optimum, ved hvilket der for givne Omstændigheder — den givne Lysstyrke, den givne Kulsyremængde, Plantens Art og Bladudvikling — sker den højeste Grad af Kulsyreassimilation. Endelig er der et Maximum en Temperatur, over hvilken der ikke kan finde Kulsyreassimilation Sted. Noget lignende Forhold ved Assimilationen, som en Forøgelse af Varmen foraarsager, fremkommer ogsaa ved en Forøgelse af Kulsyremængden i Luften. Atmosfærisk Luft indeholder som omtalt S. 10 kun 0,03 % Kulsyre, forøger man Kulsyremængden, stiger Assimilationen stærkt men dog kun til en vis Grad, saa at Maximum naaes allerede, naar Kulsyreindholdet i Luften er nogle faa Pro-

cent. Mere Kulsyre nedsætter Livsvirksomheden og dermed ogsaa Assimilationen stærkt, og en endnu større Mængde dræber Planterne.

Der foreligger fra forskellige Forskere ikke faa Forsøg, hvorved de omtalte Forhold giver sig tilkende. Særligt oplysende er i saa Henseende en lang Undersøgelsesrække, der er udført i 1904 ved det botaniske Laboratorium i Cambridge af Miss *G. L. C. Matthaei.*[75]) I hosstaaende Fig. 15 er gengivet en af Figurerne, der ledsager Miss M.'s Afhandling. Ordinaterne angiver den assimilerede Kulsyre i $^1/_{10}$ Mgr., Abscisserne Temperaturen. Kurven viser Assimilationens Gang ved forskellige Varmegrader, samtidig med at paagældende Plantedel (Blade af *Prunus Laurocerasus* var. *rotundifolia*) blev udsat for Optimum af Belysning (kunstigt Lys), og den omgivende Luftblanding indeholdt Optimum af Kulsyre. De i Kurven gengivne Forhold er Resultatet af en Mængde gentagne Forsøg under varierende Omstændigheder, hvorved Assimilationens Gang kunde iagttages under forskellige Varmegrader, under forskellige Belysningsforhold og med forskellige Kulsyremængder i den omgivende Luftblanding. Det vil føre for vidt her at indgaa paa de nærmere Forsøgsenkeltheder. De er ligesaa klart planlagt og gennemtænkt som omhyggelig udført. Noget Talresultat af almengyldig Art kan der selvfølgelig ikke naaes ved saa-

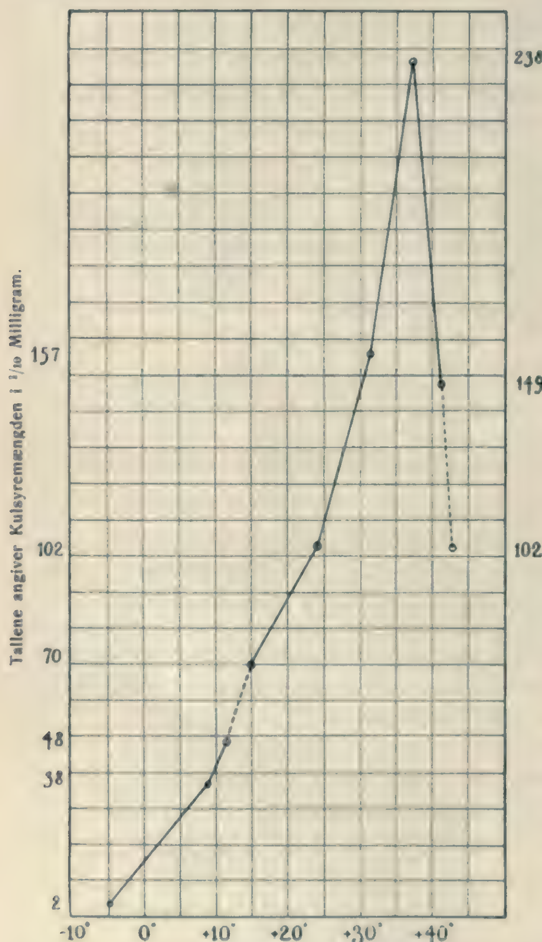


Fig. 15. Kulsyrens Assimilation i et grønt Blad ved forskellige Temperaturer. (Efter *Gabrielle Matthaei*).

danne Forsøg. Forskellige Planter selv af samme Art, ja Blade af samme Individ paa forskellige Udviklingstrin assimilerer forskellige Kulsyremængder pr. Fladeenhed, men Hovedresultatet bliver det samme. Det er i det væsentlige følgende:

Ved en Forøgelse af Lysstyrken, ved en Forøgelse af Varmen og ved en Forøgelse af Kulsyremængden i den omgivende Luft op til en vis Grænse kan der ske en stærk Forøgelse af paagældende Plantes assimilatoriske Virksomhed — altsaa af dens Frembringelse af organisk Stof i Bladene — udover den Virksomhed, som Planten ellers udfolder under de for den normale Omstændigheder, hvorunder den sædvanlig befinder sig. Men ved denne Stigning af den assimilatoriske Virksomhed — hvad enten den skyldes Tilførsel af Lys, Varme eller Kulsyre — er der et karakteristisk Forhold tilstede. Selv om Tilførslen af Lys, Varme eller Kulsyre vedvarer paa samme Maade, vil Assimilationshastigheden, der i Begyndelsen steg under de forandrede tilsyneladende bedre Kaar, som blev tildelt Planten, atter snart synke ned omtrent til det normale for paagældende Planteindivid.

Vil man med disse Forsøgsresultater for Øje gøre videregaaende Slutninger, lader det sig vel næppe benægte, naar man ser hen til andre Forhold af lignende Art (Forøgelse af Gødningsmængderne i Jordbunden, rigelig eller formindsket Vandtilførsel osv.), at der er en Mulighed for, at man, hvis man vedblivende gennem fortsatte Generationer dyrkede en Planteart under extreme Betingelser med Hensyn til Lys, Varme eller Kulsyre, kunde faa frembragt kunstige Afarter med Organer, der bedre kunde udnytte saadanne Betingelser, ligesom man kan faa fx. Hunde vænnet til at leve af Ris og Bananer eller Kalve til at ernære sig af Kødpulver, men tilvejebringes der atter naturlige Forhold, vilde saadanne kunstige Planteformer sikkert snart vende tilbage til Grundformen. — Saadanne Forsøg som ovennævnte, der maa siges at være udførte alene i plantefysiologisk Øjemed, har imidlertid som mange andre Forhold vedrørende Planternes Liv ogsaa paa flere Maader Bud til Geologien. De viser fx. saaledes klart Usandsynligheden af den navnlig i tidligere Tid stærkt forfægtede Hypotese om, at Planterne i Kulperioden skulde have levet under helt andre Forhold navnlig med Hensyn til Kulsyreindholdet i Atmosfæren end Nutidens Planter. Ganske vist er Undersøgelserne over Organerne hos Planterne fra Kulperioden ikke saa fuldstændige, som man tør haabe, de vil blive, men intet af, hvad der hidtil er blevet oplyst om Bygningstrækkene, der vedrører Ernæringen hos Kulperiodens Planter, er i væsentlig Grad anderledes end hos nærstaaende Planter i Nutiden. Heraf tør atter gøres den vigtige geologiske Slutning, at Naturforholdene, den Gang disse Planter levede (i Kultiden), ikke var væsentlig forskellige fra de nuværende almindelige Naturforhold, en Slutning, der ganske stemmer med, hvad man ad andre Veje mere og mere faar Øjnene op for (smlg. 1. Bd. S. 16).

Ved Lysets Virksomhed i Planternes Grønvæv sker der altsaa en Opbygning af organisk Stof en *Fotosyntese* af Stoffet. Hos grønne Planter er denne Syntese nødvendig, for at Stofmængden i Planten kan til-

tage, men man kan bl. a. hos løvfældende Planter iagttage, at Livet meget vel kan fortsættes en Tid lang, selv om Fotosyntesen temporært er ophørt. Ved selve Livsvirksomheden sker der derimod en idelig Omlejring og Nedbrydning af det ved Lysets Virksomhed dannede Stof, hvad der giver sig tilkende ved Planternes Indaanding af Ilt og Udaanding af Kulsyre, hvilke Processer de grønne Planter har tilfælles med alle andre levende Væsener. Herved kan vi dog ikke opholde os, da denne Side af Planternes Liv ligger udenfor den foreliggende Opgave, men det er maaske paa sin Plads her at erindre om, at man ogsaa kender en anden Art af opbyggende Virksomhed en Kemisyntese, hvor Energiforsyningen ved Syntesen af organisk Stof af uorganisk Materiale sker ad ren kemisk Vej ved Nedbrydning af energiladede uorganiske Forbindelser, der indtages i vandig Opløsning i Organismen. Eksempel herpaa er allerede tidligere berørt ved Omtale af de salpeterdannende Bakterier (S. 89—91), der vinder Energi ved Iltning af Ammoniak (eller Salpetersyrling) og derved er i Stand til af Kulsyre, Vand og uorganiske Salte at danne det organiske Stof, hvoraf deres Legeme er sammensat. For at denne Kemisyntese skal finde Sted, maa der altsaa være Ammoniak og Ilt til Stede i passende Forhold, og for at den skal kunne fortsættes, maa der tillige være et basisk virkende Stof — i Almindelighed Calciumkarbonat — da Bakterierne ikke kan trives i sur Væske.

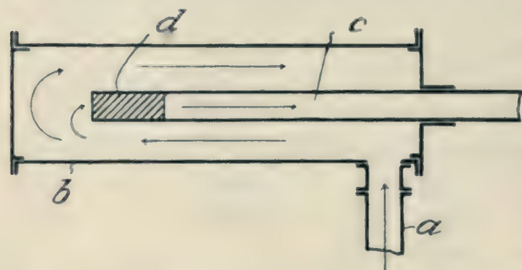


Fig. 16. *W. Ostwald's* patenterede Salpeterdanner. *a* Tilledningsrør for Ammoniak og Vand. *d* Platinkatalysator. *c* Afledningsrør for Salpetersyredamp.

Salpeterdannelsen i Jordbunden spiller for de fleste grønne Planter en særdeles stor Rolle, da de gennem Rødderne optager de dannede Nitrater i Opløsning. Iltningen af Ammoniak til Salpetersyrling og Salpetersyre ved Salpeterbakterierne i Jordbunden er en exothermisk Proces, hvorved der udvikles betydelig Energi, der kommer disse Organismer til Nytte, ja efter det ovenfor udviklede kan siges at være deres egentlige Livskilde. Processen kan iøvrigt meget vel foregaa ad ren uorganisk Vej, og det er ikke udelukket, at den visse Steder fx. i ammoniakholdig Lava — hvorom mere i det følgende — kan foregaa paa denne Maade, men dette er dog endnu ikke paavist med Sikkerhed. I Tekniken kan man ved Hjælp af et Apparat opfundet af den

berømte *W. Ostwald* let omdanne Ammoniak til Salpetersyre. I Fig. 16 er gengivet i noget formindsket Maalestok Skitsen af Salpeterdanneren, der beskrives i Ostwald's danske Patentandragende. Gennem Røret *a* ledes en Blanding af Luft (Ilt) og Ammoniak ind i den som en Gasretort byggede Beholder *b*. I Afledningsrøret *c* er ved *d* anbragt en Katalysator bestaaende af en Blanding af Platinblik i Strimler og Platinsvamp. Ammoniak og Ilt forbinder sig her til Salpetersyre:



$$NH_3 + 4O = NO_3H + H_2O.$$

Processen foregaar, naar den først er indledet, under stærk Varmeudvikling og Salpetersyredampen træder ud af Afledningsrøret *c* og kan fortættes eller anvendes paa passende Maade.

Hvad enten Nitraterne er opstaaet i Jordbunden ved Salpeterbakteriernes Virksomhed eller ved Kunst tilført Jordbunden, opløses de af Jordvandet og kan gennem Rødderne komme Planten til Nytte. Herved ledes vi ind paa Omtalen af nogle overordentlig vigtige og interessante Spørgsmaal, som skal blive behandlet i det følgende.

Planters Optagelse af uorganiske Kvælstofforbindelser og de deraf opstaaede organiske kvælstofholdige Stoffer. Som tidligere omtalt havde *Francis Home* (Smgl. S. 123) allerede i Midten af det 18de Aarhundrede en klar Opfattelse af, at Salpeteret i Jordbunden var et vigtigt Plantenæringsstof „ja selve Hovedaarsagen til Jordbundens Frugtbarhed“.

At der heri ikke ligger nogen som helst Mystik skjult, som man i tidligere Tid var tilbøjelig til at antage, viser *Home* ved at henpege paa nogle Iagttagelser, som en Franskmand Dr. *Pietsch* har anført i en Afhandling „Pensées sur la generation de nitre“. Heri anføres, at det ved „Salpeterplantager“ for at faa det størst mulige Udbytte af Salpeter er meget vigtig at vaage over, at alle Planter, der indfinder sig paa Jorddyngens Overflade, omhyggelig bliver bortluget, da Planterne ligefrem fortærer Salpeteret i Jorddyngens yderste Lag, „ligesom Kvæg, der ogsaa bør holdes borte, da de holder meget af at afslikke Salpeteret fra Jordoverfladen“. Home kunde dog i Midten af Aarhundredet ikke forfølge Spørgsmaalet nærmere, da Salpetersyrens Sammensætning den Gang ikke var kendt, men først 1785 blev opdaget af Home's Landsmand *Henry Cavendish*.

Senere hen i den første Halvdel af det 19de Aarhundrede ændrede Anskuelserne sig noget, og nu var det væsentlig Kvælstoffets Brintfor-

bindelse Ammoniak, som traadte i Forgrunden i Opfattelsen af Ernæringsforholdene hos Planterne. Det var den ny Kemis glimrende Ungdomsaar, og en Mængde dygtige Analytikere kastede sig med Begejstring over Undersøgelser af allehaande organiske og uorganiske Stoffer og man fik derigennem Beviser i Hænde paa Ammoniakens store Udbredelse i Naturen. Man fandt saaledes Ammoniak i den søde Væske, der om Foraaret kan udtappes af Birke- og Ahorntræer, i Pulpen, der løb fra de sønderskaarne Sukkerroer, i „Taarerne", som Vinrankerne udgød i dryppende Strømme, naar de blev saaret af Gartnerens Kniv, og i Saften, der kunde udpresses af Tobaksblade. „Lagret" Ost, Hestestaldes skarpe Dunster og den „svedende" Faareuld viste tydelig Ammoniumforbindelsernes Udbredelse i Dyreriget, og de uorganiske Ting afgav ogsaa deres Tilskud. Naar Lavastrømmene fra Island eller ved Ætna blev kolde nok til, at man kunde nærme sig dem, saa man Salmiakdampe stige op af de glødende Masser og afsætte sine af Jernklorid farvede gule Krystalskorper i Lavastrømmenes Revner. *Liebig* paaviste og bestemte Mængden af Ammoniak i Regnvand, *Forchhammer* fandt Ammoniumsalt i Vandet fra Øresund og *Boussingault* det samme Stof i Søvandet fra Kanalen ved Dieppe. Overalt i Jordbunden fandt Liebig og hans Hjælpere Ammoniak enten tilstede direkte som Ammoniumsalt eller i en eller anden organisk Forbindelse, hvoraf der kunde uddrives Ammoniak ved Kogning med Kalilud eller ved Glødning med Kalihydroxyd eller Kalk. Liebig saa altsaa, at der saa at sige overalt i Luft, Vand, Hav, Jord og ikke mindst i levende Organismer fandtes Ammoniak. Han saa, at det var dette Stof, som næsten alle organiske Kvælstofforbindelser gik over til, naar de raadnede eller blev underkastet en tør Destillation. Gennem *Wöhler's* Syntese af Urinstof (1828) havde man erfaret, at dette organiske Stof, et typisk Nedbrydningsprodukt af Æggehvidestof, kunde fremstilles af et uorganisk Ammoniumsalt, og denne Opdagelse fik fundamental Betydning som den først kendte Syntese af organisk Stof. Intet Under derfor, at Liebig ledes ind paa den Tanke, at Ammoniaken maatte være den Form og tillige den eneste Form, hvorunder Planterne optog Kvælstof.*) Nye Undersøgelser har vist, at Liebigs Anskuelser ikke ramte det rigtige og i hvert Fald maatte siges at være for ensidige. For den største Part af de grønne Planter i Naturtilstanden anses Salpetersyre og ikke Ammoniak at være Hovedkilden, hvorfra Kvælstoffet i de organiske Kvælstofforbindelser i Planterne stammer. Salpetersyren optages som opløst Nitrat gennem Rødderne, og det synes at være temmelig ligegyldigt, til hvilken Base

*) Liebig mente dog, at der ogsaa var Mulighed for, at Planterne direkte optog Kvælstof fra Luften, men uddybede ikke dette Spørgsmaal nærmere.

(Kali, Natron, Ammoniumilte, Kalk, Magnesia) Salpetersyren er bundet, naar da Basen er en af dem, Planten i det hele taget kan optage. Nitratet kan genfindes i Plantens Cellesaft, der ofte indeholder ikke ubetydelige Mængder Salpeter i Opløsning, adskilligt mere end det er tænkeligt, at Planten kan forbruge til Dannelsen af Proteïnstof i en rimelig Fremtid. I nedenstaaende Tabel er væsentlig efter *Berthelot* anført Indholdet af Salpetersyre (N_2O_5) i Procent i Plantens Tørstof. Alle Planterne maa antages at have været i fuld Groning under gunstige Omstændigheder.

	N_2O_5 % i Tørstoffet
Følfod	7,88
Tidsel*)	5,55
Runkelroe, Roerne	3,13
Runkelroe, Bladene	1,60
Kartofler, Knolde	2,84
Kartofler, Top	0,82
Hvedeplante	0,27
Majs	0,55
Blommetræ, unge Skud	0,006
Pæretræ, unge Skud	0,008
Skovfyr, unge Skud	0,011
Padderokke**)	0,019
Ørnebregne	0,016
Grenmos	0,003

De forskellige Plantearter indeholder altsaa højst vekslende Mængder Salpeter, og der kan ligeledes være meget Forskel paa samme Plantearts ja paa samme Individs Salpetersyreindhold under forskellige Omstændigheder, efter som Planten svømmer i Overflod af kvælstofholdig Næring eller lider „Kvælstofhunger“. Disse Forhold kan paa forskellig Maade give sig til Kende ogsaa i Planternes Ydre, hvad vi dog ikke skal komme nærmere ind paa her.

Erfaringen har godtgjort, at saa godt som alle grønne Landplanter trives meget vel og producerer de for paagældende Plantearter karakteristiske kvælstofholdige organiske Stoffer, naar der tilføres dem uorganisk kvælstofholdig Næring i Form af Nitrat eller andre Salte, der i Jordbunden kan omdannes til Nitrat paa tidligere omtalt Maade (Smlg. S. 89). Dyrkningsforsøg med Planter i Vandkultur viser, at ogsaa Nitriter i mange Tilfælde kan benyttes med ligesaa god Virkning

*) *Carduus crispus* Kruset Tidsel.

**) *Equisetum Telmateja* Elfenbenspadderokke.

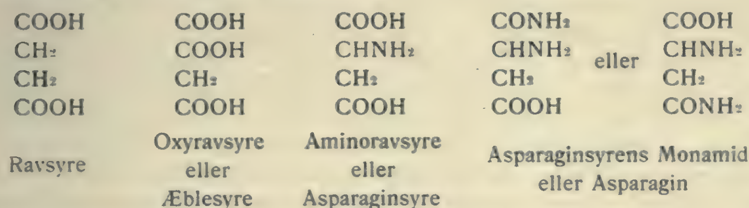
som Nitrater, naar den vandige Opløsning ikke er for koncentreret. Man mener ogsaa at have paavist Nitrit i forskellige Planters Cellesaft. For forskellige Sumpplanter fx. Ris synes Ammoniumsalt i alt Fald i Plantens første Levetid at være den normale Kilde, hvorfra Planten optager sit Kvælstofforbrug, senere hen mener man ifølge Forsøg, at Nitrater er af større Virkning.

Disse Erfaringer, som er vundet ved Vand- og Sandkulturforsøg, stemmer paa meget mærkelig Maade med de fra den graa Oldtid overleverede Dyrkningsmaader af Risen, som benyttes i de gamle Kulturlande, Indien og Kina. Risen saas paa et fugtigt Jordstykke, og efter at være blevet „to Haandsbredder høj" udplantes den i Rækker paa en Ager, der er omgivet af lave Volde, saa at hele Ageren kan sættes under Vand. Her slaar Risplanterne Rod og skyder i Vejret med vældig Kraft i den brændende tropiske Varme. I hele den Tid, Ageren er under Vand, kan der ikke dannes Nitrat i Jordbunden, da Ilt mangler, men der finder en rigelig Ammoniakdannelse Sted hidrørende fra Forraadnelsen af Jordbundens organiske Stoffer under Vand. Naar Risen har naaet en vis Størrelse, tappes Vandet af Marken, og den gror en Tid lang videre indtil Modningen og Høsten, medens der nu er Lejlighed til, at der kan opstaa Nitrat i Jordbunden. Ved Indhøstningen afskæres kun Aksene, medens Halmen tjener den ny Afgrøde til Gødning efter at være blevet trampet ned af Bøflerne, der drives over Marken.

I den nyeste Tid er der ved Rothamsted „Experiment Station" i England af *H. B. Hutchinson & N. H. J. Miller* udført en Række Vandkulturforsøg med forskellige Agerbrugsplanters Forhold overfor Ammoniumsalte.[76]) Forsøgene bærer Præg af at være udført paa den mest betryggende Maade, saa at enhver Mulighed er udelukket for, at det tilsatte Ammoniumsalt under Forsøgets Gang af Salpeterbakterier kunde blive omdannet til Nitrat. Forsøgene viser, at forskellige Agerbrugsplanter kan vokse og udvikles paa helt normal Maade i Vandkultur, selv om der kun findes Ammoniumsalte som eneste tilgængelige Kvælstofnæring. Nogle Planter trives ligesaa godt ved Tilstedeværelse af Ammoniumsalt, som naar der bydes dem Nitrat. Andre Planter kan optage Ammoniumsalte, men foretrækker Nitrater, naar de selv faar Lov til at vælge. Den tyske Agrikulturkemiker *A. Mayer* har vist, at forskellige grønne Planter kan optage Ammoniumkarbonat gennem Bladene, naar disse bestryges med en Opløsning af dette Salt, men dette kan dog næppe betragtes som en normal Maade til Kvælstofforsyning, men mere som en Nødhjælp, naar andre Udveje til Kvælstofforsyning er afskaaret. Saavel Nitrater, Nitriter som Ammoniumsalte optages normalt i Opløsning gennem Planternes Rødder og trækker videre op gennem

Planternes Saftveje, indtil de naar op i Bladene. Her maa de antages paa en eller anden endnu ikke nærmere kendt Maade ved Fotosyntese i Planternes Grønvæv at gaa i Forbindelse med Kulhydrater eller med et eller andet af de første Begyndelsestrin til Kulhydrater, der yderligere omstøbes, saa at der til Slut dannes Æggehvidestof af en eller anden Art, karakteristisk for paagældende Planteform. Noget sikkert om de første kemiske Stadier under Æggehvidedannelsen vides ikke, men i mange forskellige Planter navnlig i de spirende Dele findes et velkendt Stof *Asparagin* $CONH_2C_2H_3NH_2COOH$.

Til Forstaaelse af Asparaginets Sammensætning kan følgende anføres. I Planterne findes bl. a. Ravsyre og Æblesyre. Æblesyre er for adskillige Planter et normalt Nedbrydningsprodukt af Plantens Kulhydrater (navnlig Stivelse) og er derfor vistnok ogsaa et Begyndelsesstadium under Kulhydratdannelsen. Af Ammoniak og Æblesyre kan der under Udskillelse af Vand opbygges forskellige Stoffer ogsaa Asparagin. Disse Stoffers Bygning illustreres med vore nuværende kemiske Tegn paa følgende Maade:



$COOH$	$COOH$	$COOH$	$CONH_2$		$COOH$
CH_2	$COOH$	$CHNH_2$	$CHNH_2$	eller	$CHNH_2$
CH_2	CH_2	CH_2	CH_2		CH_2
$COOH$	$COOH$	$COOH$	$COOH$		$CONH_2$
Ravsyre	Oxyravsyre eller Æblesyre	Aminoravsyre eller Asparaginsyre	Asparaginsyrens Monamid eller Asparagin		

Asparaginet opfattes af mange som et af Begyndelsesstadierne under Æggehvidedannelsen i Planterne, og det er i hvert Fald et af Nedbrydningsprodukterne, som fremkommer, naar Planten opspiser det i den aflejrede Æggehvidestof eller føler Trang til at flytte rundt med det i sit Legeme. Der kan i hvert Tilfælde næppe være nogen Tvivl om, at Æggehvidestofferne opstaar i Planternes Grønvæv ved Fotosyntese, og det er sikkert, at Nitrater, Nitriter eller Ammoniumsalte kan tjene Planterne til Raamateriale, hvad Kvælstofforsyningen angaar.

Der blev vist S. 148, at der til Fotosyntesen i de højere Planters Grønvæv — med det rent organiske Materiale Vand og Kulsyre som Udgangspunkt og organiske Kulstofforbindelser som Endemaal — i lavere organiserede Væsener uden Grønvæv svarede en Kemisyntese, hvorved der af det uorganiske Materiale ved kemisk Energi blev opbygget organiske Kulstofforbindelser. Et ganske tilsvarende Forhold kan paavises for Kvælstofforbindelsernes Vedkommende. De grønne Planter kan som nævnt ved Lysets Virkning af Kulhydrat (eller

andet lignende) og rent uorganiske Kvælstofforbindelser opbygge organiske Kvælstofforbindelser. Den nødvendige Energi leveres af Sollyset ved Omsætningen i Planternes Grønvæv. De lavere Planter særlig Svampene kan foretage en ganske lignende Syntese af Æggehvidestof (eller nærstaaende Forbindelser), naar Væsken eller Jordbunden, hvori de findes, indeholder organisk kvælstoffrit Stof (navnlig Kulhydrater og forskellige organiske Syrer saasom Æblesyrer m. m., vistnok ogsaa Humussyrer) og uorganiske Kvælstofforbindelser saasom Nitrater eller Ammoniumsalte. I 1862 viste *L. Pasteur* saaledes ved forskellige Forsøg, at der foregaar en Kemisyntese af organiske Kvælstofforbindelser, naar Skimmelsvampe udsaas i en sukkerholdig Væske, der indeholder uorganiske Kvælstofforbindelser. Den til Opbygning af de organiske kvælstofholdige Stoffer nødvendige Energi faar Skimmelsvampen ved Nedbrydning — Iltning — af en Del af Kulhydraterne i Væsken.[77])

Et enkelt Forsøg, som er let at gentage, kan saaledes anføres. Pasteur anvendte en Næringsvæske. der indeholdt pr. Liter 20 Grm. Kandissukker, 1 Grm. Vinsyre, 1 Grm. Kaliumnitrat, 0,5 Grm. Aske af Ølgær (væsentlig Fosfater). I andre Tilfælde pr. Liter 20 Grm. Sukker, 2 Grm. Ammoniumbitartrat, 0,5 Grm. Aske af Ølgær. Heri udsaas Sporer af *Penicillum* alm. Penselskimmel. „Efter 2—3 Dages Forløb er Væsken fuld af Mycelium og en stor Mængde deraf træder ud til Væskens Overflade og danner Formeringsorganer. Al Plantens Kulstof hidrører fra Sukkeret, som efterhaanden helt forsvinder fra Væsken; Kvælstoffet i Plantens Kvælstofforbindelser hidrører fra Nitratet eller Ammoniumsaltet og Mineralstofferne fra Asken. Der er saaledes en fuldstændig Analogi mellem Assimilationen af Kvælstof og Fosfater mellem disse Svampe og de højere organiserede Planter." Den kemiske Energi, der er opstaaet ved Iltningen af Sukkeret udretter hos Skimmelsvampene det samme som Lysenergien i de grønne Planter.

De grønne Planters Forhold overfor Luftens fri Kvælstof. Den berømte Agrikulturkemiker *Boussingault* udførte i Midten af forrige Aarhundrede en Række Kulturforsøg med forskellige Plantearter. En væsentlig Side af de Spørgsmaal, som han søgte at faa Svar paa, var Problemet om, hvorvidt grønne Planter var i Stand til at assimilere Luftens fri Kvælstof, ligesom det da var erkendt, at de kunde assimilere Luftens Kulsyre. Vi kan ikke opholde os ved de datidige og tidligere fremsatte temmelig forskellige Hypoteser om dette Forhold, men vil dvæle lidt ved Boussingault's Forsøg. Han dyrkede forskellige Planter under saadanne Forhold, at der ikke kunne tilgaa dem nogensomhelst kvælstofholdige Næringsstoffer udover det, der fandtes i de udsaaede Frø og i Luftens fri Kvælstof. Frø af ganske samme Beskaffenhed som Udsæden blev kvantitativt analyseret for Kvælstofindholdet efter de da

benyttede meget vidtløftige Metoder. En tilsvarende Analyse blev udført af de i Løbet af Forsøgstiden opvoksede Planter. Herved fandt *Boussingault*, at der ikke ved Plantens Vækst var sket nogen Forøgelse af Kvælstofindholdet udover, hvad der oprindelig fandtes i Frøet. Det er forbundet med ikke ringe Vanskeligheder at udføre den Art Forsøg, saaledes at der er fuld Sikkerhed for at alle Fejlkilder er udelukket, men det maa siges, at B. løste Vanskelighederne paa overlegen Maade, som det var at vente fra hans Side. Resultaterne af nogle af de vigtigste Forsøg er anført i nedenstaaende Tabel [78]):

Plantens Art	Forsøgs-tidens Varighed i Maaneder	Frøenes Vægt i Gram	Den avlede Plantes Vægt i Gram	Kvælstof-mængden i Frøene i Gram	Kvælstof-mængden i Avlen i Gram	Differents i Kvælstofmængden i Gram
Bønne	2	0,780	1,87	0,0349	0,0340	÷ 0,0009
Bønne	2	0,792	2,35	0,0354	0,0360	+ 0,0006
Bønne	2½	6,665	2,80	0,0298	0,0277	÷ 0,0021
Havre	2	0,377	0,54	0,0078	0,0067	÷ 0,0011
Havre	2½	0,139	0,44	0,0031	0,0030	÷ 0,0001

Differentserne i Kvælstofmængderne er saa smaa, at de kommer inden for Forsøgsfejlenes Grænse. Skønt Tallene i Tabellen tydelig nok viser, at der er sket en Tilvækst i organisk Stof, er der desuagtet ikke sket nogensomhelst Tilvækst i Kvælstofmængden i Planten, udover det der fandtes i Frøet. Det maa dog siges, at Tilvæksten i organisk Stof i Betragtning af den forholdsvis lange Forsøgstid er ret ringe. Dette har ogsaa været benyttet som en Anke mod Boussingaults Forsøg og ligeledes mod andre Forsøg af samme Art anstillet af Englænderen *Lawes* ved Rothamsted. Man maa antage efter de givne Vægte, at Planterne har været smaa og unormale, og at deres Stofskifte derfor heller ikke har været normalt. Dette er dog fra anden Side benægtet, og Forsøgene tillægges i Almindelighed fuld Beviskraft. B.'s store Anseelse som Eksperimentator og Analytiker har sikkert ogsaa herved spillet en stor Rolle. Det faar nu være som det vil, men det bør fra et almindelig Lærebogs Synspunkt fremhæves, af Boussingault's ovennævnte Forsøg af de fleste Forskere tillægges grundlæggende Betydning og anses som tilstrækkelige Beviser paa, at de grønne Planter ikke kan assimilere Luftens fri Kvælstof.

Det vil dog i denne Sammenhæng være nødvendigt ved en Gen-

givelse af de forskellige Synspunkter ogsaa at fremdrage andre Anskuelser, selv om de endnu ikke kan siges at have sejret. I den nyeste Tid har der nemlig hævet sig Røster fra Forskere, der ved en Række selvstændige Iagttagelser og Forsøg mener at have skaffet om end ikke Vished saa dog meget stor Sandsynlighed til Veje for, at en stor Mængde grønne Planter af højst forskellige Stillinger i Systemet er i Stand til under normale Forhold at assimilere Luftens fri Kvælstof og overføre det i organisk bunden Form. Undersøgelserne er udført af *Th. Jamieson* i Skotland og *G. Zemplen & J. Roth* ved den forstlige Forsøgsanstalt i Ungarn. Assimilationen foregaar efter disse Undersøgelser gennem de grønne Blade, nærmere beset gennem haarlignende Udvækster paa Bladene.[79]) .Kvælstofassimilationen gennem Bladene — hvad enten det nu sker gennem Plantehaarene eller gennem andre Organer paa eller i Bladene — finder dog efter de nævnte Undersøgelser væsentlig kun Sted hos de udvoksede Planter. Kimplanten ernærer sig som omtalt af de helt færdiglavede kvælstofholdige organiske Stoffer i Frøet, den spæde Plante optager uorganiske Kvælstofforbindelser gennem Rødderne, men den voksne Plante har faaet udviklet Organer, der tillader sig ogsaa at bemægtige sig Luftens fri Kvælstof og indbygge det i organisk Stof. Dette skulde dog efter de foreliggende Beretninger navnlig gælde Planter — baade urteagtige Former, Buske og store Skovtræer — der endnn befinder sig i Naturtilstanden og har faaet deres Organer udviklet til at kunne klare sig selv. Derimod er det i mindre Grad Tilfældet eller udføres slet ikke af vore Kornsorter (og andre dyrkede Planter), der ved Kultur gennem Aartusinder er blevet „forkælet“ eller drevet op i Former, der er blevet til noget helt andet, end de sikkert oprindelig har været i den „vilde“ Tilstand. De har for en stor Del tabt Evnen til selv at assimilere Luftens fri Kvælstof og er blevet staaende ved, om man saa maa sige, den mere barnlige og magelige Tilstand kun at absorbere bundne Kvælstofforbindelser gennem Rødderne. Rigtigheden af de anførte Iagttagelser om Assimilation af frit Kvælstof gennem Bladene og Berettigelsen af de herved gjorte Slutninger benægtes dog paa det stærkeste af andre Forskere, saa Spørgsmaalet endnu maa siges at være svævende. Det behøver dog næppe at fremhæves, at der i og for sig ikke er nogen Modsigelse mellem *Boussingault's* og *Lawes'* Forsøgsresultater, der viste, at unge og svage Eksemplarer af forskellige Kulturplanter i Vandkulturer ikke kan assimilere Luftens Kvælstof, og Resultaterne af de ovenomtalte ny Undersøgelser, der gaar ud paa, at kraftigt udviklede Planter i Naturtilstanden er i Stand til at udføre denne Funktion.

En Flerhed af Forskere anser det altsaa for bevist, at de grønne Planter ikke ved Fotosyntese kan assimilere frit Kvælstof. Derimod antages det, at forskellige lavere Planter særligt Bakterier og maaske visse Svampe ved Kemisyntese er i Stand til at binde frit Kvælstof og indbygge det organiske Kvælstofforbindelser af æggehvideagtig Beskaffenhed.*) Man mener ved Dyrkningsforsøg i Renkultur af saadanne Organismer — navnlig af visse kvælstofsamlende fritlevende Bakterier — kvantitativt at kunne paavise Tilvækst i Mængden af organisk bundet Kvælstof i Kulturvæsken, naar Bakterierne er forsynet med en passende Opløsning af et Kulhydrat (eller andet lignende Stof) samt de nødvendige Askebestanddele. Ved Fortæring af Kulhydratet bliver der altsaa efter dette paa lignende Maade som omtalt S. 148 af Bakterierne vundet kemisk Energi nok til at assimilere det fri Kvælstof. Naar der i Jordbunden findes fritlevende kvælstofsamlende Bakterier, vilde der ved deres Virksomhed kunne ophobes kvælstofholdigt organisk Stof, som efter Organismernes Død paa samme Maade som andre lignende Stoffer kan komme de højere Planter tilgode, efterat Kvælstofforbindelserne er omdannet til Ammoniak og Salpetersyre. Det fremtræder derfor altid som en Mulighed, efterat man paa passende Maade har fremmet disse Bakteriers Vækst i Jordbunden, at man vilde være i Stand til i selve Jordbunden at tilvejebringe noget af den for Landbrugsplanterne saa nødvendige kvælstofholdige Næring. Noget Resultat af Betydning for Praksis kan der dog i saa Henseende ikke siges at være naaet trods de mange med store Forventninger udførte Forsøg med Udsaaning af Kulturer af „kvælstofsamlende“ Bakterier. Derimod er der andre Forhold i nær Berøring med disse Spørgsmaal som tildrager sig Opmærksomheden.

Nogle Forskere tilskriver saaledes Virkningen af de omtalte fritlevende kvælstofsamlende Bakterier visse Kendsgerninger man har iagttaget i Naturen, men andre søger dog at forklare dem paa anden Vis. Her kan anføres nogle typiske Eksempler:

I. En Skov, der er opvokset paa selv meget kvælstoffattig Jordbund, vil, naar den under naturlige Forhold overlades til sig selv, saa at Skovens Affaldsprodukter faar Lov til at blive til Muld paa tidligere beskrevne Maade, i Tidens Løb i høj Grad forbedre Jordbunden, navnlig ved at Mængden af Kvælstofforbindelser i Jordsmonnet tiltager.**)

*) Her skal ikke kommes nærmere ind paa, hvorvidt de af lavere Planter producerede kvælstofholdige Stoffer virkelig er Æggehvidestof eller visse andre nærstaaende Stoffer.

**) Hermed er det dog ikke sagt, at der ikke ogsaa ved Skovvæksten sker en Berigelse af Jordbunden, hvad de andre (opløselige) Plantenæringsstoffer angaar.

Efterhaanden naaer de i Jordbunden indsamlede Plantenæringsstoffer op til en saa betydelig Størrelse, at gammel Skovbund, naar Skoven afdrives, i mange Aar kan dyrkes med stærkt kvælstofforbrugende Agerbrugsplanter, uden at der behøver at gødes. Dette Forhold er kendt og benyttet i Praksis saa langt tilbage, som der overhovedet har eksisteret Agerbrug paa Jorden, det kendes fra Alverdens Egne og med mange forskellige Træarter som Skovtræer. Selv om man tager de ved Regnvandet (Smlg. S. 21) tilførte Ammoniumsalte og Nitrater med i Betragtning, slaar deres Mængde ikke paa nogen Maade til, Tilvæksten af bundet Kvælstof i Skovtræerne selv og i Jordbunden er meget større, end hvad der aarlig tilføres gennem Regnen. Dertil kommer, at der foruden det i Skoven og i Jordbunden magasinerede Kvælstof kan være gaaet ikke ubetydelige Mængder af bundet Kvælstof (hovedsagelig Nitrat) bort ved Nedsivning i Undergrunden, saa at den aarlige Tilvækst i bundet Kvælstof i en Skov er forholdsvis betydelig. At dette bundne Kvælstof maa hidrøre fra Luftens fri Kvælstof er klart. Men Spørgsmaalet bliver, hvorledes er Kvælstoffet i disse Kvælstofforbindelser blevet bundet?

Der skal her anføres et Par positive Eksempler paa en saadan Opsamling af kvælstofholdige Stoffer i Skovbunden.

Den franske forstlige Forfatter *E. Henry* i Nancy giver en Beskrivelse af den meget gode Skovvækst væsentlig bestaaende af *Pinus maritima*, som ved den franske Regerings Foranstaltning er opstaaet paa det tidligere fuldkommen øde og ubevoksede Flyvesandsterræn ved Hourtin og Carcans i Gascogne.[80]) Da Skovplantningen begyndte for 67 Aar siden, var Jordbunden rent hvidt Flyvesand. Skønt den nævnte Fyrreart hører til en af de mindst humussamlende Træarter, er Jordbunden dog nu (1908) bedækket med et Humuslag, som Henry efter foretagne Undersøgelser anslaar til 17972 Kg. pr. Hektare. Denne Humus indeholder 1,5 % Kvælstof i bunden Form, der altsaa i Løbet af et godt halvt Aarhundrede er skaffet tilveje ved Trævæksten eller i alt Fald medens Skoven groede, men hvorledes?

Den ansete tyske Skovbrugsforsker *E. Ramann* opstiller et meget nærstaaende Problem. Han skriver saaledes[81]): „Der gives i Nordtyskland Tusinder af Hektarer bedækket med Fyrreskove. Her er gennem Menneskealdere hvert eneste Aar de nedfaldne Naale blevet borttaget til Strøelse i Landbrugsøjemed. I Strøelsen er der blevet ført bort mange Gange mere bundet Kvælstof, end der nogensinde paa et givet Tidspunkt fandtes samlet i Jordbunden, og desuagtet er Træernes Naale normale og mørkegrønne og viser ingen af de Tegn, som er karakteristiske for Kvælstofmangel. Der maa derfor være en Kilde til Kvæl-

stof for disse Skove. I en eller anden Form maa der blive tilført Jordbunden Kvælstof fra Atmosfæren."

II. Som et andet Eksempel paa lignende Forhold kan nævnes Lyngvæksten og Lyngskjolden paa de danske Hedeflader og tilsvarende Strækninger i Udlandet. Hedefladernes Jordbund bestaar af Sand og Grus, som uden mindste Tvivl oprindelig, da Istidens Smeltevandsstrømme afleverede deres Værk og andre Naturkræfter tog fat, var fuldstændig blottet baade for opløselige og uopløselige Kvælstofforbindelser. Sand- og Gruslagenes Absorptionsevne for de uorganiske Kvælstofforbindelser, som Regnen kunde medføre, er forsvindende ringe, og Udvaskningen af Lagene overordentlig stor og gentaget gennem Aartusinder. Ikke desto mindre ser vi, at Lyngvæksten har været i Stand til at danne en Lyngskjold med et Kvælstofindhold (i organisk bundet Form) efter *C. F. A. Tuxen* af omkring *2 pro mille* og andre Steder vistnok kan være betydelig mere. Antages Lyngskjoldens Vægtfylde at være 1,*) og dens Tykkelse c. 20 Cm., herunder ogsaa indbefattet den voksende Lyng i tænkt komprimeret Tilstand, findes der paa en Hektare 2000 $M.^3$ organisk Stof eller 2000000 Kg. Heraf er de 4000 Kg. Kvælstof i organisk bundet Form. Selv om man kun vil regne $^1/_2$ eller kun $^1/_4$ af den antagne Mængde organisk Stof for Hektare, ser man, at det bliver meget betydelige Mængder bundet Kvælstof, der er opstaaet ved Lyngens Vækst, eller i hvert Fald medens Lyngen har vokset.

III. Ved Rothamsted i England er der udført mange Forsøg i det store med vedvarende Græsmarker. Gennem mangfoldige med den yderste Omhu gennemførte Analyser og Undersøgelser kunde der herved i Detaljer gøres Rede for, hvormeget Kvælstof der som Nitrat og Ammoniumsalt blev tilført Jordbunden gennem Regnvandet, og hvor meget der blev bortført gennem Drænvandet. Ved disse stort anlagte, gennem Aarrækker fortsatte Forsøg viste det sig, at Jordbunden gennem Græsvækten, eller i alt Fald medens Græsset voksede, var blevet betydelig rigere paa Kvælstofforbindelser, selv om Grønsværet var sammensat af Græsarter og ikke indeholdt Bælgplanter i nævneværdig Mængde.

Gennem disse fra helt forskellige Omraader hentede Grupper af Eksempler ser man altsaa, at et Plantesamfund, det være nu en Skov af meget forskellige Træarter rundt om i Verden, eller Lyngen paa Jyllands Heder, eller de perennerende Græsser paa en engelsk Græsmark, har Evne til at berige Jordbunden med Kvælstofforbindelser. At

---

*) Den er sikkert noget større, da Lyngtørv er tilbøjelig til at synke i Vand, men paa den anden Side indeholder Lyngskjolden ofte en Del uorganisk Materiale: Sand og Grus.

Kvælstofberigelsen væsentlig skyldes det gennem Aarene paa og i Jordbunden opdyngede Planteaffald, er ganske upaatvivleligt, men Spørgsmaalet bliver derefter, hvorfra Planterne har faaet det nødvendige Kvælstof?

Her fremtræder forskellige Muligheder, der hver for sig eller mere eller mindre i Fællesskab vilde kunne give Forøgelse af den bundne Kvælstofmængde.

1) Planterne kan tænkes selv at assimilere Luftens Kvælstof. Denne Kvælstofassimilation kan fx. hos Græsserne gaa saa langsomt for sig, at den ikke er paaviselig ved Vægtforøgelse af de bundne Kvælstofmængder hos den enkelte Plante, men bliver kendelig, naar man som ovenfor i Eksempel III kan regne med mange Vegetationsfølger. Som tidligere anført (S. 156) mener en Række Forskere i den nyeste Tid at kunne paavise, at der virkelig foregaar en Kvælstofassimilation hos en stor Mængde grønne Planter, men dette benægtes af andre.

2) Selve Jordbunden kan tænkes at blive rigere paa Kvælstofforbindelser ved at der finder ammoniakdannende Processer Sted. Brint kan *in statu nascendi* forene sig med Kvælstof til Ammoniak (det er en exotherm Proces). Saadanne brintudviklende Processer er allerede omtalt (S. 94—95) under Beskrivelse af Smørsyregæringen, men der kan ogsaa meget vel tænkes at foregaa en Brintudvikling ved uorganiske Kræfter paa kemisk eller galvanisk Maade i Jordbunden. Den udviklede Ammoniak kan optages af de grønne Planter direkte eller efter Omdannelse til Nitrat, men den kan ogsaa fastbindes af Humussyrerne i Jordbunden til Aminoforbindelser, maaske med Tilhjælp af de forskellige Svampformer, der er virksomme i Skovmor og Lyngskjold som nævnt S. 98.

3) Der kan i Jordbunden leve Mikroorganismer, der er i Stand til ved Kemisyntese at assimilere det fri Kvælstof. Disse Mikroorganismer kan være af forskellig Art. Nogle Forskere antager saaledes, at Kvælstoftilvæksten i Jordbunden skyldes den Omstændighed, at mange Træer kan være forsynet med *Mykorrhizer* eller Svamprødder. Det er en særegen Rodudvikling, hvorved Rødderne er blevet overtrukket (undertiden gennemvokset) med en Skede eller et Net af Svampe. Disse anses i Stand til at binde Kvælstof og kan saaledes levere Rødderne Kvælstofforbindelser, medens Svampen til Gengæld modtager andre Stoffer fra Rødderne. Ogsaa Hedelyng kan have Mykorrhizer. Kvælstofassimilationen gennem Mykorrhizerne betvivles dog af andre Forskere.

Andre Undersøgere, saaledes den S. 158 nævnte forstlige Forfatter *E. Henry*, har paavist, at vissent fugtigt Løv, naar den henligger i læn-

gere Tid, bliver rigere paa Kvælstofforbindelser. Han tilskriver dette kvælstofsamlende Bakterier, der binder Luftens Kvælstof medens de lever af Løvets Kulhydrater. Andre antager dog, at Kvælstoftilvæksten skyldes en Vegetation af Alger, det vil altsaa sige smaa grønne Planter i og paa det fugtige Løv. Den tyske forstlige Forsker *E. Ramann* anser det for rimeligere, at det er Humussyrerne i Skovjordbunden, der har absorberet Ammoniak, der er opstaaet paa en eller anden af de tidligere nævnte Maader.

Kvælstoftilvæksten er altsaa Genstand for meget forskellige Fortolkninger. Det er vel næppe rimeligt, at nogen enkelt af de anførte Anskuelser rummer den hele Sandhed, men at det her som ved andre beslægtede Forhold i Naturen vil vise sig, at Naturen kan naa sit Maal — i dette Tilfælde Planternes Kvælstofforsyning — paa flere forskellige Maader.

Nogle Undersøgelser af en enkelt Side af Forholdet skal anføres i det efterfølgende som oplysende Eksempel.

Det ligger nær straks til en Begyndelse at prøve, hvorledes den nøgne Jord, Brakjorden, forholder sig ved at henligge i længere Tid uden Plantevækst. Men her møder man forskellige Forhold, der vanskeliggør en saadan Undersøgelse, hvis den skal drives i det store og give et virkelig paalideligt Resultat. Tænker man sig at anvende en god Agerjord eller anden frugtbar Jord, vil en saadan Jord kunne indeholde dels Nitrater dels Ammoniumsalte og kvælstofholdige organiske Stoffer, hvoraf der ved Salpeterbakteriernes Virksomhed opstaar Nitrater. Er der ingen Plantevækst tilstede, der kan optage Nitraterne, efterhaanden som de opstaar i Jordbunden, bliver man i høj Grad udsat for at miste betydelige Mængder Kvælstof som Nitrat ved Udvaskning. Paa samme Maade kan man tænke sig, at det vil gaa med de organiske kvælstofholdige Stoffer, der maaske dannes i Jordbunden ved mulige „kvælstofsamlende" Bakteriers Virksomhed. Disse Stoffer vil ogsaa blive til Nitrater og kunne udvaskes. Selv om det nu ikke hørte til Umulighederne ved Drænvandsundersøgelser at bestemme dette Tab ved Udvaskning er der andre Fejlkilder, som næppe lader sig stoppe. Man kan næppe beregne, hvormeget kvælstofholdigt Stof der tilføres Jordbunden som Støv og andet af Vinden medført Materiale, og det lader sig heller ikke gøre at beregne, hvor stort et Kvælstoftab muligvis optrædende Salpeterædere „denitrificerende" Bakterier (Smlg. S. 92) har tilføjet Jordbunden i Forsøgstiden. De forskellige Undersøgelser over Brakmarkers mulige Kvælstoftab ved Udvaskning af Nitrater og Nitratfortæring af Salpeterædere og mulige Kvælstoftilvækst ved kvælstofsamlende Mikroorganismer kan derfor næppe siges at have givet tilstrækkelig

omfattende Oplysninger. Gevinst- og Tabskonto kan i saa Henseende ikke opgøres, men man ved ganske vist, at Brakning frembringer et meget stort Tab ved Udvaskning af Nitrater.*) Man er derfor nødt til at henvende sin Opmærksomhed paa Forsøg i mindre Stil. De forskellige Forsøg med kvælstofsamlende Bakterier i Renkultur skal vi af tidligere berørte Grunde ikke komme nærmere ind paa. Forholdene, hvorunder Bakterierne er dyrket, er meget afvigende fra de Betingelser, hvorunder de lever i en Brakmark, og i alt Fald adskillige af de hidtil anførte Analyser, der skulde vise en Kvælstoftiltagen under Forsøgene, tillader andre Fortolkninger. Derimod bør fremdrages følgende Forsøg, som paa Grund af de mærkelige Resultater, der opnaaedes, og den udmærkede Videnskabsmand, der udførte dem, bør omtales lidt mere i Detaljer. Den berømte franske Kemiker *M. P. E. Berthelot* har i Slutningen af forrige Aarhundrede (1899) offentliggjort en lang Række Forsøg, som han har udført over Kvælstofbinding paa forskellige Maader.**) I Modsætning til de fleste andre af den Art Forsøg, hvor de analytiske Data er lidet tillidvækkende fra et kemisk Synspunkt, er B.'s Forsøg i saa Henseende bedre hævet over Kritik. Nogle af hans Forsøgsresultater kan anføres til Oplysning, de blev udført ved den af Berthelot ledede og med alle tænkelige Midler udstyrede Forsøgsstation ved *Meudon* (Seine-et-Oise) i Frankrig. Forsøgene blev udført med forskellige Jordarter, der blev anbragt i store Urtepotter og henstod et halvt til et helt Aar under forskellige Omstændigheder. Jordens Kvælstofindhold blev bestemt før og efter Forsøget.

I Forsøgsrækkerne blev anvendt følgende Jordarter:

I. Gult leret Sand, der er fattigt paa organisk Stof og Kvælstofforbindelser, men indeholder nogle faa Procent Calciumkarbonat.

II. En anden Prøve af samme Sand.

III. Kaolin bestemt til Porcelænsfabriken i Sèvres, hvis Direktør overgav B. 100 Kg. i slemmet men ikke fint knust Tilstand. Efter Analyser foretaget i Sèvres indeholdt Kaolinen 4,6—4,8 % Kali.

IV. En anden Kaolinprøve, som indeholdt 6 % Kali. Denne Kaolin var vanskelig at tørre, klumpede sig sammen i smaa Kugler og besværliggjorde derved Analyserne.

Af disse Jordprøver blev der udtaget 50—60 Kg., som blev anbragt i store glasserede Stentøjskrukker med Hul i Bunden. Jordlaget fyldte Potterne omtrent til 45 Cm. Højde. De blev anbragt i et rent og tørt Rum under Glastag og blev dækket med Laag, saa at der ikke kunde falde Støv paa dem, men saaledes at

*) Blandt de mange Angivelser af Kvælstoftabet under Brak, kan anføres Bestemmelser udført i 1895 af den franske Agrikulturkemiker *Dehérain*. Han fandt, at der i Løbet af et Aar i 4 forskellige Forsøg bortgik som Nitrater i Drænvandet en Kvælstofmængde af 84—144 Kg. pr. Hektare, medens der gennem Regnen kun modtoges 5—7 Kg. som Nitrat og Ammoniumsalt.

Luften dog havde fri Adgang. Forud for hver Analyse blev Indholdet styrtet ud paa et rent cementeret Logulv og sammenblandet meget omhyggeligt, saa at der kunde udtages en paalidelig Middelprøve til Analyse. Nogle Enkeltheder kan anføres til Oplysning:

Prøve I. Ved Forsøgets Begyndelse fandtes beregnet pr. Kg. tør Jord:

Kvælstof i organisk Forbindelse	= 0,0705	Grm.
Kvælstof som Nitrat	= 0,0004	-
Ialt...	= 0,0709	Grm.

Efter at Jordprøven var opbevaret i 5 Maaneder, bestemte B ved Sommerens Slutning 1884 paa ny Kvælstofmængden; nu fandtes:

Kvælstof i organisk Forbindelse	= 0,0871	Grm.
Kvælstof som Nitrat	= 0,0062	-
Ialt...	= 0,0933	Grm.

Seks Maaneder senere efter at Vintersæsonen var forbi, blev der paa ny gjort Bestemmelse, og to Gange senere blev dette gentaget.

Den 30te April 1885.

Kvælstof i organisk Forbindelse	= 0,0833	Grm.
Kvælstof som Nitrat	= 0,0077	-
Ialt...	= 0,0910	Grm.

Den 10de Juli 1885.

Kvælstof i organisk Forbindelse	= 0,1035	Grm.
Kvælstof som Nitrat	= 0,0074	-
Ialt...	= 0,1109	Grm.

Den 24de Oktober 1885.

Kvælstof i organisk Forbindelse	= 0,1105	Grm.
Kvælstof som Nitrat	= 0,0074	-
Ialt...	= 0,1170	Grm.

De andre Analyser er af ganske lignende Art og behøver derfor ikke at anføres her.

Berthelot gengiver Forsøgsresultaterne paa følgende Maade: „I de benyttede Jordprøver har altsaa Kvælstofmængden i Løbet af 2 Sæsoner tiltaget omtrent med Halvdelen af den oprindelig tilstedeværende Mængde, medens Jorden „laa Brak“, d. v. s. var berøvet enhver synlig Plantevækst og hver Gang ved Prøvetagningen til Analyse blev gennemarbejdet og udluftet. Salpetermængden i Jordbunden har ikke varieret nævneværdig, men den ringe Fugtighed i Jordprøven har heller ikke været gunstig for Salpeterdannelse. Tilvæksten i Kvælstofindholdet beror ikke paa Binding af Ammoniak som saadan, da Forsøg med at behandle Jordprøven i Kulden med Natronlud, (en Metode, der i Virkeligheden giver for højt Resultat), viser, at der ikke er mere Ammoniak tilstede ved Forsøgets Slutning den 25de Oktober 1885, end der var ved Forsøgets Begyndelse i Forsommeren 1884. Kvælstoftilvæksten under Forsøget

er bundet i organiske Stoffer." Ganske lignende Resultater med snart lidt større snart lidt mindre Talstørrelser naaede Berthelot med de andre Jordprøver under samme Omstændigheder. Andre Forsøg blev udført med Jordprøver af samme Art, der blev anbragt i glasserede Porcellænsurtepotter og hensat paa en Græsmark delvis beskyttet mod Regn dels frit under aaben Himmel paa det flade Tag af Taarnet ved Forsøgsanstalten. I alle Tilfælde blev der, naar Jordprøverne havde henstaaet Sommeren over, fundet en ret betydelig Tilvækst i Jordens Indhold af Kvælstof bundet til organisk Stof, selv naar det Tilskud fraregnedes, som Jordbunden kunde faa fra Nitraterne og Ammoniumsaltene i Regnvandet og Luften. Beregner man de benyttede Forsøgskars Overflader og den fundne Kvælstoftilvækst i Jordbunden og overføres de fundne Talstørrelser paa en Jordoverflade af en Hektares Størrelse, finder man med Berthelot, at i 1884–85 modtog en Hektare ved Meudon

5,2 Kg. Kvælstof fra Regn og Luft som Nitrat og Ammoniumsalt,*)

medens Kvælstoftilvæksten i Jordbunden**) i samme Tid var

I første Forsøgsrække	....	25 Kg.
i anden —	....	31 -
i tredje —	....	38 -

Blandt de talrige andre Forsøg, Berthelot foretog med Jordprøver af samme Art som ovennævnte, kan følgende omtales. I store Glasflasker, der var forsynet med tilslebne Propper, blev der anbragt Prøver, der under jævnlig Omrystning, uden at Propperne blev taget af, henstod i flere Maaneder, nogle i Dagslyset, nogle i et mørkt Skab. I alle Tilfælde kunde der paavises en Kvælstoftilvækst dog mest i Jordprøverne, der havde henstaaet i Lyset. Naar Flaskerne med Jordprøverne under passende Forsigtighedsregler blev opvarmet til 100°, kunde der ikke paavises nogen Kvælstoftilvækst ved Henstand, men en saadan begyndte — men meget langsomt — at indfinde sig, naar den opvarmede Jordprøve blev blandet med lidt Jord, der ikke havde været opvarmet. Naar de forskellige Jordprøver blev blandet med Bomuld, Stivelse, Dextrin o. a. Kulhydrater, fandt Berthelot, at Kvælstofbindingen i Jordbunden tiltog forholdsvis stærkt. B. viser ogsaa, at Ilt er nødvendig, naar der skal ske en Kvælstoftilvækst i Jordbunden. Er Ilttilgangen for sparsom, gaar ganske vist den forhaandenværende Ilt i Forbindelse med de organiske Stoffer i Jordbunden, men der kan ikke paavises nogen Kvælstof-

*) Berthelot angiver, at i tættere beboede Egne i Nærheden af Paris er Ammoniakmængden i Luften meget større.

**) Og i de opsamlede Mængder Drænvand.

tilvækst. B. forsøgte at lade forskellige Planter gro i de samme Jordarter og nu viste det sig, at forsaavidt Planterne overhovedet trivedes, hvad i flere Tilfælde var vanskeligt nok, da Jordarterne var meget blottede for andre Plantenæringsstoffer, fandtes Kvælstoftilvæksten, der skete gennem Forsøgstiden, ikke mere i Jordbunden eller ikke alene i Jordbunden men fortrinsvis i den grønne Plante. Berthelot antager derfor som Hovedresultat af de mange Forsøg, at der i de benyttede Jordarter maatte være Mikroorganismer, som ad kemisyntetisk Vej ved at fortære de kvælstoffri organiske Forbindelser i Jorden dannede kvælstofholdige organiske Stoffer, der som Gødning paa sædvanlig Maade kunde komme de grønne Planter til Gode. Findes der ingen voksende Planter paa Jorden, kan derimod gennem Drænvandet, der flyder bort, ske et meget stort Tab af Kvælstof som Nitrat, et Tab, der hvis Jordbunden er kvælstofholdig langt overgaar den Kvælstoftilvækst Jordbunden faar gennem Regnvandets og Luftens Nitrater og Ammoniumsalte.

Berthelot beskriver nærmere forskellige Undersøgelser, som han har foretaget, og hvoraf det fremgaar, at Kvælstoffet, der er blevet bundet i Jorden i Forsøgstiden, ikke er tilstede som Ammoniumsalt men som meget komplicerede organiske Forbindelser. B. ser deri et Bevis paa, at det er kvælstofsamlende Mikroorganismer i Jordbunden, der til deres eget Brug har opbygget disse Stoffer. Noget egentlig Bevis herfor ligger der dog ikke i de af B. anførte Kendsgerninger, da man ved, at Humusstoffer, der ad ren kemisk Vej uden Organismers Medvirkning kommer i Berøring med Ammoniumsalte eller fri Ammoniak, er i Stand til at binde, eller som det ogsaa udtrykkes, *absorbere* Ammoniak i saa fast en Form, at det ganske har Karakteren af et aminoagtigt Stof, saa at Ammoniaken fx. ikke kan uddrives ved Behandling med Kalihydrat.*)

I samme Bind af Chimie végétale, hvor *Berthelot* beskriver de ovenomtalte Forsøg med Jord, der i Løbet af en Sommer bliver kvælstofrigere, omtaler han nogle særdeles mærkelige Iagttagelser over Kvælstofbinding, som vi ikke kan undlade ganske kort at berøre, skønt saa vidt vides Spørgsmaalet aldrig senere er taget op til Behandling af andre. Ved at underkaste en hel Række forskellige organiske Stoffer saasom fugtigt Filtrerpapir, Stivelse, Dextrin, Terpentinolje m. m. og ligeledes rent kemiske Produkter som Benzol en særegen Behandling, saaledes at de udsat for Luften i tynde Lag blev Genstand for „stille“ elektriske Udladninger, fik han disse Stoffer til at træde i Forbindelse med Luftens Kvælstof. Saaledes optog svagt fugtigt Filtrerpapir, der blev anbragt i en Atmosfære af rent Kvælstof og blev udsat for elektrisk Paavirkning, i Løbet af 8—10 Timer „en meget betydelig Mængde“ Kvælstof Der kunde ikke paavises Ammoniak, Nitrat, Nitrit eller Cyanforbindelser, men Kvælstoffet var tilstede i „kompliceret organisk“ Forbindelse. Først ved stærk Glødning med Natronkalk afgives Kvælstoffet som Ammoniak. Ogsaa forskellige Jordprøver optog Kvælstof, saa at der efter vedvarende elektrisk Paavirkning kunde paavises en Tilvækst af 2—6 % bundet Kvælstof af den oprindelig i Jordprøven

*) Smlg. det S. 80 anførte.

tilstedeværende Kvælstofmængde. Overfor Jordprøvernes Tilvækst ved Elektriceringen kan man naturligvis stille sig skeptisk, da det ikke kan siges at være udelukket, at Mikroorganismer har været virksomme, og det samme kan tildels siges overfor Filtrerpapirets, Stivelsens og Dextrinens Kvælstofabsorption, da B. lader skimte igennem, at det var vanskeligt at bevare disse Stoffer i den fugtige Tilstand gennem den lange Forsøgstid, uden at de mugnede. Men dette kan ikke have været Tilfældet med Terpentinen, og endnu mindre naar B. angiver, at Benzol i Løbet af nogle faa Timer optog op til 12 % af sin Vægt Kvælstof. Der dannedes derved *un composé polymerique* i Form af et fast Stof, der lignede Harpiks. Først naar Stoffet helt destrueredes ved Opvarmning, blev Kvælstoffet afgivet i Form af Ammoniak, der ikke findes som saadan i selve Stoffet. Disse Forhold nævnes her, da Paavisningen af denne Metode til Kvælstofbinding skyldes en saa fremragende Kemiker som *Berthelot*, og det ikke er umuligt, at de stille elektriske Udladninger med svage Spændinger paa faa Volt i Fremtiden som Kvælstofbindere vil optræde som Konkurrenter til de senere omtalte Maader, hvor der anvendes voldsomt virkende elektriske Strømme med mange Tusende Volts Spænding. Hvad Betydning elektriske Udladninger har for Dannelsen af Kvælstofforbindelser i Jordbunden, er det i Øjeblikket umuligt at udtale sig om.

Bælgplanternes Forhold overfor Jordbunden. Nogle Jordarter er fra Naturens Haand eller gennem stærk Gødningstilførsel blevet saa frugtbare, at man lange Tider igennem kan tage den ene Kornafgrøde af dem efter den anden, uden at Høstudbyttet aftager kendeligt. Til Slutningen vil man dog nok faa at mærke, at det ikke er muligt at holde Høstudbyttet oppe uden at give Jordbunden Erstatning i Gødning. Ved de fleste almindelige dyrkede Jordarter vil denne „udpinte" Tilstand indtræde meget hurtigt. Ved meget nøjagtige Markforsøg, som er foretaget i sidste Halvdel af forrige Aarhundrede ved *Rothamsted*, fandt man ved Dyrkning af et Jordstykke af en eller anden Art uafbrudt med Korn gennem en Aarrække, at Høstudbyttet snart sank ned til et vist Minimum og blev staaende herved gennem Aaringerne og ikke mer gik tilvejrs, hvis der ikke blev tilført Gødning. Fra gammel Tid var det dog bekendt, at der gaves Midler til at hæve Høstudbyttet uden at behøve at tilføre Gødning. Det var, naar man ved Vekseldrift indføjede Dyrkningen af visse forskellige Plantearter mellem Kornafgrøderne. Allerede de gamle romerske Forfattere omtaler, at Jorden gav større Udbytte af Hvede, naar der Aaret forud havde været dyrket Lupiner eller Vikker i den, end hvis den havde baaret Sæd. Senere hen hos *Thaer* og Landøkonomerne af hans Skole blev det navnlig Rødkløveren, der traadte i Forgrunden som en Plante, der paa ikke nøjere kendt Maade frugtbargjorde Jordbunden for den efterfølgende Sædafgrøde.

Medens Kløver og lignende Planter vel viste sig taknemlige for Tilskud af „Mineralgødning“ (Kali, Kalk, Fosforsyre, Svovlsyre), gav Forsøgene ikke noget Udslag for Tilskud af kvælstofholdig Gødning, der overfor Kornsorterne viste saa stor Forøgelse. Dette kan vises talmæssigt gennem Resultaterne af nogle Forsøg, den tyske Agrikulturkemiker *E. v. Wolff* udførte i Firserne i forrige Aarhundrede. Heraf fremgaar, at naar der paa ganske ensartet Jord dyrkedes dels Havre, dels visse Bælgplanter (Ærter, Bønner, Kløver), og Jorden i nogle Forsøg var ugødet, i andre Forsøg fik „Mineralgødning“ og i en tredje Forsøgsrække fik Mineralgødning og Kvælstofgødning, blev det relative Høstudbytte følgende[83]):

	Havre	Ærter, Bønner, Vikker
Ugødet	187	589
Mineralgødning	210	1292
Mineralgødning og Kvælstofgødning ..	1836	1152

Grunden til at de nævnte Bælgplanter ikke gav Udslag i Høstudbyttet ved Tilførsel af kvælstofholdig Gødning, viste sig at være den, at de selv var kvælstofsamlende, d. v. s. de kan paa en eller anden indirekte Maade træde i Forbindelse med Luftens fri Kvælstof og behøver derfor ikke at optage Kvælstofforbindelser gennem Rødderne, saaledes som Kornsorterne er nødt til. Bælgplanterne baade de forskellige Kløverarter, Lucerne, Lupiner, Vikker, Ærter, Bønner osv. og Buskformer som Gyvel og Guldregn og store Træer som Akasier kan derfor meget vel gro paa kvælstoffattig Jordbund, naar der blot findes eller tilføres tilstrækkelige Mængder „Mineralgødning“. Ved at lade de urteagtige Planter, der er kvælstofsamlende, gro paa en Jordbund, der er kvælstoffattig og nedpløje dem som Grøngødning, kan man altsaa berige Jorden ikke alene med muldgivende Stoffer, som naar andre Plantedele nedføres i Jorden, men tillige med Kvælstofforbindelser, der er opstaaet paa selve Voksepladsen og ikke forud var tilstede i Jordbunden som bundet Kvælstof. Dette kan vises talmæssigt gennem nogle Forsøg af *Dehlinger.*[84]) Ved at dyrke nedennævnte Planter og nedpløje dem i fuld Groning bliver en Hektare Land beriget med:

	Bundet Kvælstof	Humusgivende Stof
Ved Ærter og Vikker ...	250 Kg.	7600 Kg.
- Lucerne	230 -	6500 -
- Rødkløver	127 -	4800 -
- Alsikke	117 -	3500 -

Ifølge lignende Forsøg af *Schultz-Lupitz* blev der tilført ved Dyrkning og Nedpløjning pr. Hektare:

	Bundet Kvælstof
Ved Fladbælg	175 Kg.
- Ærter	223 -
- Blandsæd	184 -
- Lupiner, hvide	183 -
- — blaa	190 -
- — gule	140 -

At Bælgplanterne og, som det senere har vist sig, ogsaa forskellige andre Planter (Bjergfyr, El m. fl.) er i Stand til at ernære sig i kvælstoffattig Jord og gennem deres Affaldsprodukter berige en saadan Jordbund med Kvælstofforbindelser er altsaa sikkert nok, men Spørgsmaalet bliver, hvorledes denne Kvælstofbinding foregaar. Til Forklaring heraf antager man støttet paa Undersøgelser først udført af de tyske Forskere *Hellriegel & Wilfarth* og senere i deres Spor gentaget og udvidet af mange andre at have iagttaget, at Kvælstofbindingen hos de nævnte kvælstofsamlende Planter er særlig livlig eller endog overhovedet kun kan finde Sted, naar Planternes Rødder er forsynet med ejendommelige knoldformige Udvækster (Fig. 17). I disse Rodknolde anses den egentlige Kvælstofoptagelse at foregaa. Knoldene kan iøvrigt ikke siges at høre til Planternes normale Organer, men forekommer ved Angreb af andre Organismer „ligesom Galler paa Bladene ved Stikkene af Galhvepsene". Man har fundet, at Knoldene paa Rødderne skyldes Angreb af visse Bakterier „Knoldbakterier", der fra Jordbunden træder ind i Rødderne, lever af Plantens Safter og Bestanddele (navnlig Kulhydraterne) og formerer sig. Samtidig svulmer Roden op paa paagældende Sted, og der opstaar en Rodknold en Svulst, der er rig paa kvælstofholdige Stoffer. I Rodknoldenes Celler omdannes Bakterierne, efter hvad man antager, ved Paavirkning af den sure Cellesaft, til ejendommelige klumpede eller runde Former: Bakteroider, der efterhaanden dør og opløses eller om man vil fordøjes af Planten. Mange Forskere antager, at der finder et fredeligt Samliv en Symbiose Sted mellem Knoldbakterierne og Planterne til gensidig Gavn, saaledes at Planterne forsyner Bakterierne med Kulhydrater, og disse til Gengæld afgiver Æggehvidestof til Planterne, idet Bakterierne ligesom de fritlevende kvælstofsamlende Former anses for at være i Stand til at binde frit Kvælstof. Andre Forskere mener derimod, at Knoldene nærmest maa opfattes som et Sygdomsfænomen og ser i Bakteroidedannelsen og i den paafølgende Opløsning et Forsøg fra Plantens Side paa at skaffe sig af med de paatrængende Gæster.

At Bælgplanterne i hvert Fald synes at blive mere „kvælstofsamlende“ og derfor bedre kan klare sig paa kvælstoffattig Jord, naar de ved Infektion (fx. Podejord ved Lucernedyrkning) nødes til at danne Rodknolde, antages af mange at være fastslaaet, hvad enten dette nu beror paa, som nogle antager: at Planterne ægges til Æggehvideafsondring ved Bakterieangrebene, eller Sandheden ligger i den Anskuelse, som Flertallet af Forskere helder til, nemlig at det er Bakterierne selv, der i Rodknoldene frembringer de kvælstofholdige Stoffer ved Binding af det frie Kvælstof. Spørgsmaalet om „Knoldenes“ og „Knoldbakteriernes“ Betydninger er endnu i høj Grad et Stridsspørgsmaal og kan derfor ikke nærmere omhandles her.



Fig. 17. Lupinrod med Rodknolde

Den højt ansete tyske Plantefysiolog *Ludvig Jost* skriver 1908 i sin meget udførlige Haandbog „Vorlesungen über Pflanzenphysiologie“ (S. 279) følgende om Knoldene og Knoldbakterierne *(Bacterium radicicola)* med Henblik paa de nyeste Undersøgelser*) over disse Spørgsmaal. „Man maa tilstaa, at man endnu fuldstændig mangler Klarhed over Naturen af den Symbiose, som finder Sted mellem *Bacterium radicicola* og Bælgplanterne. Det kan ikke være saa simpelt, som man tidligere har forestillet sig det. Bælgplanterne leverer ikke simpelthen Kulhydraterne, og Bakterien Kvælstoffet, hvorved en fredelig Trivsel af begge Parter blev muliggjort. Meget mere taler de af *Hiltner* fremdragne Kendsgerninger for, at Bakterien under visse Omstændigheder og i alt Fald altid til at begynde med optræder som Snylter. Hvorledes det bliver muligt for Planten at omdanne Snylteren til et fredeligt Husdyr, derom ved vi intet. I Særdeleshed er Bakteroidernes Rolle ganske uklar.“

Rødderne og Jordbunden.

Som omtalt (S. 127—128) indeholder Planterne altid en større eller mindre Mængde uorganiske Stoffer af beskreven Art (S. 134—135), der bliver tilbage som Aske, naar Planterne forbrændes. Optagelsen af disse Stoffer sker gennem Rødderne fra Jordvandet eller fra Jordbunden. Den nærmere Beskrivelse af de forskellige Former af Rødder, der kan

*) Af *Macé* og *Hiltner*.

være udviklet paa meget forskellig Maade og have meget forskellige Funktioner, maa søges i botaniske Haandbøger, i Jordbundslæren kan vi kun beskæftige os med de egentlige Sugerødder, der direkte har at gøre med Optagelsen af Næringsstofferne. Disse optages gennem de fine Rodhaar, der findes ude i Nærheden af Sugeroddernes Spidser. Selve Spidsen (Fig. 18) er bedækket med en Rodhætte, tæt bag ved hvilken Rodspidsens Vækstpunkt findes, hvorfra Længdeväksten foregaar. Rodhætten virker som en Dupsko eller et Beskyttelseshylster for Rodspidsen, medens denne paa Grund af den stedfindende Vækst trænger frem gennem Jorden og baner sig Vej mellem Jordpartiklerne. Efterhaanden som Roden bliver længere, opstaar der stadig nye Rodhaar, der altsaa sætter Planten i Forbindelse med nye Strækninger af Jordbunden. De gamle Rodhaar træder efterhaanden ud af Funktion og erstattes af et Bark- eller Korklag, gennem hvilket der ikke finder nogen Næringsoptagelse Sted. Hele Optagelsen af Næringsstof foregaar gennem de friske Rodhaar, medens Rodspidsen og Rodhætten antages ikke at være i Stand til at optage noget, men kun baner Vej. Optagelsen af de forskellige Nærings-



Fig. 18. Rodspids af en Hvederod med Rodhaar og Rodhætte. 15 Gange forstørret.



Fig. 19. Rødder af en Hvedeplante med vedhængende Jord. (Efter *J. Sachs*).

stoffer gennem Rodhaarene sker ved Osmose, og Betingelsen for at en saadan kan finde Sted er, at Stofferne er i opløst Tilstand i vandig Opløsning. Stofferne maa altsaa enten i Forvejen være tilstede i Opløsning i Jordvandet eller maa blive det ved Indvirkning af Rodhaarene paa de opløselige Stoffer i Jordpartiklerne. Rodhaarene stræber efter at komme i saa inderlig Berøring med Smaadelene i Jordbunden, at de snor sig om dem og vokser fast til dem. I Fig. 19 er efter den bekendte tyske Plantefysiolog *J. Sachs* gengivet Rødderne af en Hvedeplante med fastvoksede Jordpartikler, og i Fig. 20 er efter samme Forfatter afbildet nogle enkelte Rodhaar og deres Fastvoksen til og omkring Jorddelene forstørret 800 Gange.



Fig. 20. Rodhaar sammenvokset med fine Jordpartikler. 800 G. forstørret. (Efter *J. Sachs*).

S y r e r u d s k i l t a f P l a n t e r ø d d e r n e. Rodhaarene udsondrer s u r e V æ s k e r, der hjælper til ved Opløsningsarbejdet. Sachs har tydeliggjort dette ved at lade forskellige Planter gro i Urtepotter, der var fyldt med rent Kvartssand. I Sandet var der nedsat en slebet og poleret Marmorplade, saaledes at den blev berørt af Plantens Rødder. Efter nogen Tids Forløb havde Rødderne aftegnet sig paa Pladen med et svagt skyggeagtigt Omrids, som var foraarsaget ved Røddernes ætsende Virkning. I Fig. 21 er gengivet en paa denne Maade ætset Marmorplade. Plader af Dolomit, Magnesit og „Fosfat" bliver ætset paa ganske samme Maade. Anskuelserne om, hvilke Syrer det



Fig. 21. Marmorplade ætset af Roden af en Bønne. (Efter *Ditmer*).

egentlig er, der udskilles gennem Planterødderne, har været ret forskellige. Det ligger jo nær at tro, at den ætsende Virkning skyldes den Kulsyre, som Planterødderne, ligesom andre Plantedele kan afgive, men de omtalte Ætsninger af Dolomit, Magnesit og Fosfatplader gør det dog fra et kemisk Synspunkt meget tvivlsomt, om det kan være Kulsyren alene, der er virksom, da disse Mineraler i kompakt Form som slebne Plader ikke angribes kendeligt af kulsyreholdigt Vand, hvorimod en Plade af Kalkspatmarmor ganske vist angribes stærkt. Ogsaa fra andre Synspunkter bliver det mere end tvivlsomt, om Planterøddernes Kulsyreudvikling vilde være i Stand til at udføre saa stærkt opløsende Virkninger, som Rødderne bevisligt udfører i en Vegetationsperiode. Allerede Liebig udtaler sig herom omtrent med følgende Ord[85]): „En ung Rugplante, der er opvokset af et eneste Korn, der er nedbragt i frugtbar Jord, udvikler sig ofte til Plante med 30—40 Straa, der hver bærer et Aks, saa at man kan høste tusinde eller endnu flere Gange saa mange Korn, som det man saaede. De har modtaget deres Næring af Mineralbestanddele af et vist Rumfang Jord, hvoraf man ved den mest gennemførte Udludning med rent eller med kulsyreholdigt Vand ikke kan udtrække $^1/_{100}$ af den Mængde Fosforsyre og Kvælstof, ikke $^1/_{50}$ af den Mængde Kali og Kiselsyre, som Planterne har optaget af Jorden. Hvordan er det dog muligt under saadanne Forhold at antage, at Vand alene (d. v. s. kulsyreholdigt Vand) er tilstrækkelig til at overføre til Planten alle de Stoffer, som der findes i den."

At der maa være kraftigere Syrer end Kulsyre virksomme ved Planterøddernes Optagelse af Jordbundens Bestanddele, fremgaar ogsaa om end noget indirekte af forskellige Forsøg med Dyrkning af Planter i Vandkultur. I Forsøgsvæskerne er det saaledes ikke nødvendigt, at Fosforsyren er tilstede i opløst Form, man faar et ligesaa godt Resultat, naar der i Væsken findes opslemmet Calciumtrifosfat, Ferrifosfat, Alluminiumfosfat el. lign., der som uopl. Bundfald kan lægge sig omkring de fine Rodhaar, der saa selv besørger de nødvendige Mængder Fosforsyre bragt i Opløsning ved Hjælp af de sure Afsondringer, som de udskiller. Af saadanne sure Stoffer eller Syrer mener man at have paavist surt Kaliumfosfat (hvad dog formodentlig er et sekundært Produkt) og organiske Syrer som Myresyre, Oksalsyre og vistnok Æblesyre. Alle tre Syrer er meget iltholdige Stoffer, Myresyre og Oksalsyre indeholder c. 70 % Ilt, Æblesyre c. 60 % Ilt, medens Kulsyre indeholder c. 72 % Ilt. Kulsyre er det fuldstændige Iltningsprodukt, medens de tre nævnte Syrer er Mellemtrin, og alle fire er at anse som Affaldsprodukter, Slutningsresultaterne*) af den Iltning af de orga-

*) At de ogsaa er Begyndelsestrinene under Opbygningen af de organiske

niske Stoffer i Planten, som betinger dens Livsvirksomhed. Det er velbekendt, at under Stofomsætningerne i den levende Plante søger denne, i Lighed med Dyrene om end paa en noget anden Maade, at befri sig for eller skaffe til Side de Affaldsprodukter, der opstaar. Saaledes kan der i mange Planter til Tider i ret stor Maalestok paa forskellige Steder i Vævene udskilles uopløselige oksalsure, æblesure (o. lign.) Salte i Hovedsagen Calciumsalte,[86]) det kan derfor ikke være paafaldende, at de tilsvarende Syrer udsondres gennem Rødderne. Men naar, som vist, de af Planterne som unyttige ja endog besværlige Affaldsstoffer udskilte Opløsninger af Myresyre, Oksalsyre, Æblesyre osv. atter, skønt de er kommet uden for Plantens Organer, i saa høj Grad kommer til at tjene Planterne til Nytte ved at virke som Opløsningsmidler for de uundværlige Plantenæringsmidler i Mineralbrudstykkerne i Jordbunden, kan dette tjene til en yderligere Illustration i Lighed med de mange tidligere anførte Eksempler paa Stoffernes Kredsløb i Naturen.

Fra et kemisk Synspunkt tiltrækker navnlig Oksalsyren, der udskilles af Planterødderne, sig Opmærksomheden. Denne Syre er en „stærk“ Syre, der er i Stand til at frigøre fx. Salpetersyre af Nitrater. Salpetersyren vil atter virke opløsende paa Fosfaterne i Jordbunden, saa at disse kan komme Planterne tilgode. Oksalsyre virker ogsaa direkte eller indirekte gennem den frigjorte Salpetersyre stærkt opløsende paa Kaliindholdet i Feldspat i Jordbunden. Herved bliver den fra Praksis kendte Erfaring forstaaelig, at en rigelig og gentagen Anvendelse af Chilisalpeter som Gødning i høj Grad kan virke udtømmende paa Jordbundens naturlige Indhold af Kali og Fosforsyre, medens Tilsætning af Kaligødning og Fosforsyregødning aldrig virkende udpinende. At Mergling eller Kalkning af Jordunden ligesom Gøden med Chilisalpeter ogsaa virker stærkt udtømmende, beror ligeledes paa, at Kalkens vigtigste Indflydelse paa Jordbunden er at muliggøre og fremme Salpeterdannelsen (Smlg. S. 89).*)

De forskellige Planter afsondrer ulige Mængder eller ulige sure Væsker af Rødderne og viser som Følge deraf forskellig Evne til at trives i mer eller mindre udtømt Jordbund. Saaledes kan Byg ikke trives i Jord, der har været udtrukket med fortyndet Saltsyre (2 %) medens Havre som en „nøjsommere“ Plante meget vel kan vokse i saadan Jord.

Stoffer, som foregaar i Planterne ved Fotosyntese, er allerede tidligere (S. 145) omtalt, og vedrører ikke den foreliggende Sag.

*) I det anførte ligger egentlig ogsaa en stærk Opfordring til at benytte de i Vand opløselige eller tungtopløselige og derfor billigere Kali- og Fosforsyregødninger (pulver. Feldspat o. lign., Raafosfater, pulver. Koprolit, Thomasslagge) sammen med Chilisalpeter, og reservere de letopløselige Kalisalte og Superfosfat for Rotationer, hvor der ikke benyttes Chilisalpeter.

Ved saadanne Forsøg er der dog mange andre Forhold end netop Roddernes ulige stærkt sure Afsondringer, der gør sig gældende, saa Spørgsmaalet er meget indviklet. En „nøjsom“ Plante behøver i den egentligste Forstand ingenlunde at være mere nøjsom end en mere „fordringsfuld“ Plante, men dens Evne til at trives i daarligere Jord kan bero paa, at den i et givet Rumfang Jord kan udvikle sit Rodsystem meget stærkere og saaledes kan komme rundt og udsuge langt flere Jordpartikler end den fordringsfulde Plante med det mindre udviklede Rodsystem. Dette kan vises ved følgende Maalinger udført af *Nobbe* paa etaarige Planter af Ædelgran, Rødgran og Skovfyr, der en Sommer igennem var dyrket i Potter under ganske de samme Betingelser. Alle Røddernes Længde blev maalt og viste sig at være[87]):

Hos Ædelgran......	992	Mm.	altsaa et	Forhold som	1
- Rødgran.......	1941	-	—	—	2
- Skovfyr	11988	-	—	—	12

Skovfyrrens Rodsystem er altsaa 12 Gange saa langt som Ædelgranens, og en lignende Forskel vil der vise sig at være, naar man udmaaler og beregner Rodsystemernes samlede Overflader. Skovfyr vil altsaa i en given Tid kunne udnytte Næringsstofferne i en given Jordmasse langt stærkere end fx. Ædelgran.

Af andre Forhold af Betydning for Optagelsen af Næringsstoffer gennem Rødderne kan nævnes den Hurtighed hvormed eller det Tempo hvori Planten er indrettet til at optage de forskellige Stoffer. Til Oplysning kan anvendes de ved *W. Johannsen* sammenstillede Eksempler paa Udvikling og Næringsstofoptagelse mellem Byg og Roer. Byg indeholder ved Skridningen kun 40 % af det Tørstof, den modne Plante har, men har dog allerede optaget c. 70 % af den endelige Kvælstofmængde, c. 60 % af den endelige Fosforsyremængde og c. 90 % af den endelige Kalimængde. Da den Tid, der hengaar mellem Spiring og Skridning, hos Byg kun er c. 2 Maaneder, vil det indses, at Bygplantens Rødder i denne Periode maa have overordentlig travlt med Næringsoptagelse, og at denne lettes, naar der findes meget og lettilgængelig Næringsstof i Jordbunden.

„Ganske anderledes end Bygplanterne forholder Roeplanterne sig. Da disse har en meget lang Udviklingstid, i hvilken tilmed Stofoptagelsen fra Jordbunden — naar bortses fra den allerførste Periode — følges nogenlunde jævnt med Kulsyreassimilationen, saa stilles der, trods den her fornødne meget store Mængde Næringsstoffer, i det hele ikke saa store Krav til Stofoptagelsens Hurtighed som hos Byg. Og da Stofoptagelsen hos Roeplanten foregaar indtil langt ud paa Efteraaret, kan de

Næringsstoffer, der i hele Sommerens Løb efterhaanden fremkommer ved de paa denne Aarstid livlige kemiske Omdannelser i Jorden, udnyttes særdeles godt. Gødemidler, der efterhaanden sønderdeles (fx. Staldgødning) udnyttes da ogsaa langt bedre af Roer end af Byg." **)

Giftstoffer udskilt af Planterødderne. At Planterne ikke alene udskiller organiske Syrer af nævnte Art gennem deres Rødder, men ogsaa andre organiske Stoffer, der optræder som *Toxiner*, d. v. s. Gift, dels for selve de Planter, der har udskilt dem, dels for andre Planter, bliver mere og mere sandsynligt i Følge de nyeste og mest indgaaende Undersøgelser over disse Spørgsmaal. Det er en for længere Tid siden fastslaaet Kendsgerning, at Mikroorganismerne frembringer saadanne Toxiner, som forhindrer deres egen videre Udvikling; dette Forhold er i stor Maalestok taget i Brug i Lægevidenskaben ved Vaccination og Serumtherapi og er allerede tidligere berørt S. 87. De grønne Planters Forhold i saa Henseende kan endnu ikke sige at være almindelig anerkendt, skønt der ogsaa i ældre Undersøgelser er fremdraget Kendsgerninger, der kan tyde paa, at grønne Planter gennem Rødderne udskiller Giftstoffer. Som saadanne mærkelige Forhold, der synes at tyde herpaa, kan anføres følgende:

I Naturskov, der aldrig har været under Øksens Tugt, findes der ofte større eller mindre Lysninger, der er bedækket af et tæt Grønsvær, men hvor Træerne, som trives frodigt i den omliggende Skov, paa ingen Maade vil gro. Dette kan naturligvis i visse Tilfælde bero paa, at Jordbunden i Lysningen er ubekvem for Træveksten paa Grund af for stor Væde eller for stor Tørhed, men i mange Tilfælde slaar denne Forklaringsgrund ikke til; Jordbunden i Lysningen er med Hensyn til Fugtighedsmængde og Næringsstofindhold tilsyneladende ikke det mindste forskellig fra Jordbunden i den omgivende Skov, saa at det ligger nær at antage, at Græsvæksten i Lysningen frembringer en Gift for Skovtræerne.

Et lignende Eksempel, hvor det ganske vist ikke drejer sig om grønne Planter men om Svampe, er de velkendte Hekseringe, som saadanne Svampe danner, efterhaanden som de vokser og breder sig. De engelske Agrikulturkemikere *Lawes & Gilbert* har analyseret Jordbunden udenfor og indenfor Hekseringen og kunde ikke paavise nogen væsentlig Forskel i Indholdet af Plantenæring, saa at det umuligt kan være Jordbundens Tomhed for Næringsstof, der foraarsager, at Svampene breder sig ringformigt.

Græsarter og andre Planter, der groer i Tuer, kan ogsaa være tilbøjelige til at danne Tueringe, saa at det midterste efterhaanden dør bort, selv om det ogsaa indtræffer, at det modsatte er Tilfældet.

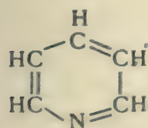
Den berømte schweitsiske Botaniker *A. P. de Candolle* (1778–1847) fremsatte allerede i 1832 en lignende Teori om Giften i Jordbunden og antog saaledes, at den gunstige Virkning, som man i Aarhundreder har iagttaget ved Vekseldrift i Agerbruget, væsentlig beror paa, at den ene Sædart udskiller Toxiner i Jordbunden, som er giftige for den selv, men som en anden Planteart bedre kan faa Magt med. Da *de Candolle* ikke havde paavist selve Giftstoffet, men kun fremsat en Teori om dets Virkninger, havde *Boussingault*, der var Modstander af denne Teori, let ved at kritisere den og slaa den ned, saa at den ikke fik stor Betydning, skønt den egentlig ikke blev modbevist af B.'s Kritik. Det bør dog ogsaa tilføjes, at Nytten ved Vekseldrift snart fik andre Forklaringer, som man slog sig tiltaals med og som ikke har noget med Rodudskillelserne at gøre. Vi behøver derfor ikke nærmere at opholde os herved men skal henpege paa andre Eksempler.

Det er bekendt, at det ofte er meget vanskeligt at faa Rødgran til at trives paa vore Heder, naar den holdes i Enebevoksning. Den kan vel fæste Rod og leve en Tid lang, men staar derefter i Stampe i kortere eller længere Tid, hvis den da ikke helt mister Livet, inden den faar overvundet den haarde Modstand, Jordbunden byder den. Andre Steder kan den derimod gro godt nok ligefra Ungdomsaarene op til en høj Alder, og det er ikke muligt ved Analyse at paavise nogensomhelst Væsensforskel i Mængden af Plantenæringsstoffer i Jordbunden, hvor den staar i Stampe, og hvor den groer uafbrudt. Dyrker man derimod Heden i nogle Aar med Landbrugsplanter, eller planter man Bjergfyr mellem Granerne, kommer disse i Groning uden Stampeperiode. Praktiske Hededyrkere som *E. Dalgas* var tilbøjelige til at antage, at der i lyngbevokset Jord under visse Omstændigheder dannes en Toxin, en Lynggift, som var udskilt af Lyngvæksten i Jordbunden. Rødgranen er særlig følsom for denne Gift, Bjergfyrren kan taale den, og ved Dyrkning af Landbrugsplanter i Forbindelse med den Bearbejdning og Udluftning, der derved finder Sted, blev Lynggiften tilintetgjort. Heri ligger dog ikke, at det ligefrem er fra selve Lyngplanternes Rødder, at Giftstoffet stammer, det kan meget vel være, at de sammen med Lyngen eller maaske paa Grund af Lyngen i Jordbunden optrædende Mikroorganismer (navnlig Svampe) har dannet Lynggiften. Ej heller ligger det i Benyttelsen af de nævnte Helbredelsesmidler udtrykkelig givet, at det er Landbrugsplanterne, der har fortæret Lynggiften (hvad dog godt kan være Tilfældet), og ikke de paa Grund af Udluftningen og Bear-

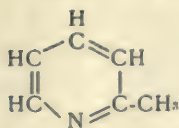
bejdningen tilkomne Mikroorganismer (efter hvad man mener at have iagttaget, navnlig Bakterier), der har befriet Jordbunden for Lynggiften, ligesom Mikroorganismerne i en Septiktank renser Vandet for putride Stoffer. Det maa dog tilføjes, at om Rødgranens Forhold fremsættes andre Hypoteser, der ikke har noget at gøre med Rodudskillelserne, og som vi derfor ikke kan dvæle ved her.

Det er dog uafhængigt af alle Teorier paa Forhaand givet, at det Giftstof, som de grønne Planter udskiller gennem deres Rødder, kun kan være tilstede i overordentlig ringe Mængde i Jordbunden, og at der derfor vil kræves meget fine og indgaaende kemiske Undersøgelser for at faa det paavist endsige for at faa isoleret et antageligt Kvantum blandt de mangfoldige tildels endnu grumme lidt kendte Stoffer, der findes mellem de organiske Forbindelser i Jordbunden. Det kan derfor ikke undre, at man ikke tidligere har paavist disse Giftstoffer, men man er sikkert nu paa Veje dertil. I den nyeste Tid er der af amerikanske og engelske Forskere gjort meget vellykkede Forsøg i saa Henseende. Den bekendte *Milton Whitney* Leder af det store amerikanske *Bureau of Soils* i U. S. har i en tidligere omtalt[9]) Afhandling givet en Oversigt over Spørgsmaalets Standpunkt indtil 1906, og de ligeledes ved B. of S. ansatte Kemikere *O. Schreiner, Howard S. Reid* og *E. C. Shorey* har gennem en Række meget detaljerede Undersøgelser forsøgt at komme Sagen nærmere ind paa Livet.[89]) Skønt det endnu ikke kan siges at være fastslaaet med Sikkerhed, hvilke enkelte kemiske Stoffer de forskellige Planter udskiller gennem Rødderne i hvert enkelt Tilfælde, er det dog lykkedes med temmelig stor Sikkerhed at afgøre, til hvilken Stofgruppe disse Sekretionsstoffer hører. Det er kvælstofholdige organiske Forbindeler af lignende Art som de forskellige Nedbrydnings- og Dekompositionsprodukter, der opstaar, naar Æggehvidestofferne forraadner eller paa anden Maade dekomponeres.

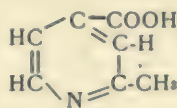
Det vil sige, at det er Stoffer af Pyridinrækken. Af saadanne er direkte udvundet af meget ufrugtbare men ikke særlig næringsfattige Jordprøver fra forskellige Steder to vel krystalliserende Stoffer Picolin og Picolin-monokarbonsyre. Deres Forbindelse med Pyridin fremgaar af følgende Opstilling:



Pyridin



Methylpyridin eller Picolin



Picolin-monokarbonsyre

Sandsynlig men dog ikke paavist med fuld Sikkerhed er Forekomsten af Picolindikarbonsyren.

```
        C—COOH
   H-C⁄      ⋛CH
    ‖         |
COOH·C⟍    ⁄C-CH₃
        N
```

Uvitoninsyre

Disse Stoffer viser sig at være giftige for Forsøgsplanterne, selv om Opløsningen kun indeholdt 1 Vgtdl. af Stoffet i 100 000 Vgtdl. Væske. Flere andre Forbindelser af lignende Art blevet isoleret af Jordekstrakter ved ganske simple Metoder, saa at der næppe kan være Tvivl om, at disse Stoffer findes i selve Jordbunden, som har vist sig ugunstig for Plantevæksten. Noget absolut afgørende Bevis for, at netop disse giftige Stoffer er afsondret af Rødderne af den Plantevækst, der har gjort Jordbunden ufrugtbar, haves ikke, men de amerikanske Forskere har vist, at der ved Dyrkning af fx. Hvede i et rent indifferent Medium (steriliseret Agar-Agar) dannes Stoffer af ganske lignende Giftvirkninger, men da disse Forsøg kun kan drives i mindre Stil, er det ikke let herved at udvinde tilstrækkelig Undersøgelsesmateriale. Men Undersøgelserne fortsættes stadig. De senest foreliggende Beretninger er fra Foraaret 1909.

De nævnte Giftstoffer forekommer altsaa fortrinsvis i Jordbund, der temporært er blevet *ufrugtbar* paa Grund af Plantevæksten. Herved nødes vi til lidt nærmere at betragte Grundene til Jords Ufrugtbarhed. Dette kan bero:

1) dels i Mangel paa Næringsstof, hvad enten det nu er Vand eller Askebestanddele,
2) dels fordi Jordbunden indeholder overdreven store Mængder af Vand eller Salte saasom Kogsalt, Gibs, Jernvitriol el. lign.,
3) dels fordi Jorden i sig indeholder Toxiner dannet ved Plantevæksten.

De to første Grunde til Ufrugtbarhed er let forstaaelig og er almindelig anerkendt, medens Erkendelsen af, at Ufrugtbarhed i adskillige Tilfælde skyldes den under 3) anførte Grund som nævnt først i den nyeste Tid er i Færd med at arbejde sig frem. De oven for omtalte amerikanske Forskere benyttede til deres Forsøg dels vandige Udtræk dels Prøver af selve Jordbunden fra forskellige Steder, hvor praktiske Forsøg havde vist, at Jordbunden var i høj Grad ufrugtbar, skønt man ved kemiske Analyser efter de bedste Metoder hverken kunde paavise overdrevne Mængder af Salte, ej heller paafaldende Mangel paa de sædvanlige Plantenæringsstoffer, selv om disse ufrugtbare Jorder ikke hører til de mest righoldige i saa Henseende. Det synes nemlig som om i god næringsrig, veludluftet og passende fugtig Jord de talrigt tilstedeværende Mikroorganismer i de fleste Tilfælde hurtigt vil destruere og uskadeliggøre de af de grønne Planter udskilte Toxiner. Som Forsøgsobjekter benyttede de amerikanske Forskere i de

fleste Tilfælde unge Hvedeplanter. Disse Planter fik i Forsøgstiden Lov til at vokse dels i Udtræk eller Prøver af den Jord, der skulde undersøges, dels til Kontrol i destilleret Vand og ligeledes i Jordudtræk eller Jordprøver, der blev behandlet paa en eller anden nærmere beskreven Maade. Ved Forsøgenes Slutning blev Vægten af Hvedeplanterne i grøn Tilstand bestemt, og de fundne Talstørrelser blev betragtet som Maal paa Jordbundens større eller mindre Frugtbarhed. Herved viste det sig meget tydelig, at Forsøgsplanterne groede meget bedre i destilleret Vand end i vandige Udtræk af de benyttede ufrugtbare Jordprøver, skønt der i disse Udtræk fandtes ikke saa smaa Mængder af Plantenæringsstof, medens der naturligvis intet saadant fandtes i det destillerede Vand. Ved at behandle Jordudtrækket paa forskellige Maader kunde man formindske eller ganske ophæve Giftvirkningen. Giftvirkningen blev formindsket, naar Jordudtrækket blev fortyndet med destilleret Vand, og Giftvirkningen stod i omvendt Forhold til Fortyndingsgraden. Giften kunde borttages, naar Jordudtrækket blev rystet med et eller andet Stof, der har en stor Absorptionsevne. Hertil viste Kønrøg (ren Lampesod) sig at være overordentlig virksom, uden at man tør tillægge dette ganske neutrale Stof nogensomhelst kemisk Indvirkning paa Jordudtrækket. Andre Stoffer saasom friskfældet Aluminiumhydroxyd, Ferrihydroxyd og Calciumkarbonat havde en lignende absorberende Virkning, men som Forf. bemærker, kan man overfor Calciumkarbonatet dog nære Tvivl, om Stoffet ikke indvirkede kemisk paa Udtrækket. Visse organiske Forbindelser saasom Pyrogallol og α-Naftylamin var selv i ganske smaa Mængder, naar de blev sat til Jordudtrækket eller til selve Jordprøven, i Stand til helt at ophæve Jordbundens Giftvirkninger overfor Planterne, skønt disse Stoffer ikke paa nogen Maade kan tjene Planterne til Næring. I mange Tilfælde kunde man befri Jordudtrækket for Plantegiften ved at koge Udtrækket. Skete dette i et Destillerapparat, viste det sig, at Destillatet, der kun udgjorde en mindre Brøkdel af Væsken, indeholdt saa meget af Giftstoffet, at det var giftigere end det oprindelige Udtræk, medens Resten i Destillerkolben ikke alene ikke mere var giftig for Planterne, men disse groede nu betydelig bedre heri end i rent Vand. Ganske de samme Forhold som Udtræk af Prøver af de nævnte ufrugtbare Jordarter viste, fandtes hos andre Jordprøver, der oprindelig var jævnt frugtbare, men som Experimentatorerne gjorde ufrugtbare ved at tage en Række Hvedeafgrøder af efter hinanden uden at give Gødning. Udtrækket af saadanne Jordprøver viste kendelige Giftvirkninger*) overfor Forsøgsplanterne, men denne Giftvirkning blev formindsket eller

*) Det vil sige, der vandtes et ringere Udbytte af Hvedeplanter i Udtrækket end i rent Vand.

tilintetgjort ved at koge Udtrækket, ved at behandle det med Lampesod eller en yderst fortyndet Opløsning af Pyrogallol osv. Selve Jordprøverne forholdt sig ganske paa samme Maade, saaledes af Høstudbyttet i grøn Hvede f. Ex. ved Behandling af Jordbunden med tynd Opløsning af Pyrogallol steg til over det dobbelte. Endog, naar der ikke blev anvendt mere end 1 Vgtdl. Pyrogallol til 100 000 Vægtdele Jord, mærkedes der en Tilvækst i Høstudbyttet af 38 %. Ogsaa ved at ophede (sterilisere) saadan gennem Plantevæksten giftigbleven Jord blev dens Evne til at bære en ny Vegetation af samme Art som tidligere meget betydelig forøget. Dette Forsøgsresultat er i enhver Henseende blevet fuldstændig bekræftet fra anden Side. I afvigte Efteraar (Okt. 1909) blev offentliggjort en Undersøgelse udført af Englænderne *E. J. Russell & H. B. Hutchinson* ved det agrikulturkemiske Laboratorium ved Rothamsted.[90]) Forklaringen, som de engelske Undersøgere giver af de iagttagne Kendsgerninger, er i nogle Tilfælde den samme i andre Tilfælde noget afvigende fra den Opfattelse, som de amerikanske Forskere er kommet til ifølge deres Undersøgelser, men Forsøgsresultaterne er dog som nævnt de samme. Englænderne „steriliserer" Jorden dels ved Ophedning, dels ved at behandle den med forskellige Kemikalier, af hvilke de finder, at navnlig Toluol er virksom. Efter Behandlingen finder de, at Jordbunden er betydelig sundere og frugtbarere end før, hvad der bl. a. giver sig til Kende ved, at Kvælstofforbindelserne i den nu lettere kan nitrificeres ved Hjælp af Salpeterbakterier. I det hele taget finder de, at der i Jorden efter Sterilisering kan udfolde sig den Mikroflora (Salpeterbakterier og andre „gode" Jordbundsbakterier), som er karakteristisk for „sund" Jord, medens der før Sterilisationen kun kunde trives den Mikroflora (navnlig Svampe), der er ejendommelig for „syg" og ufrugtbar Jord. Amerikanerne „destruerer" eller „borttager" Giftstoffet fra Jordbunden eller fra Jordudtrækket ved Hjælp af Ophedning, ved Tilsætning af Kemikalier som Pyrogallol eller ved Tilsætning af stærkt absorberende Stoffer som Kønrøg, Ferrihydroxyd osv. De finder, at Jordbunden eller Jordudtrækket efter den ene eller den anden af disse Behandlinger er betydelig frugtbarere end før, d. v. s. befriet for det skadelige Stof. De anfører en Mængde Eksempler hentet fra Praksis paa, at forskellige Plantearter, der gror tæt op ad hinanden, kan indvirke skadelig paa hinanden paa en saadan Maade, at man maa antage, at de forgifter Jordbunden for hinanden. Paa den anden Side er der ogsaa mange Eksempler paa, at en Planteart ved længere Tids Groning paa samme Plet kan forgifte Jordbunden for sig selv, men at Planter af anden Art kan taale Giftstoffet og atter gøre Jordbunden sund for den første Planteart.

Ved Tilsætning af Staldgødning, Grøngødning, Kunstgødning, Bearbejdning, Udluftning osv. kort sagt alle de kendte Midler til at gøre Jorden sund og frugtbar fremmer man blandt andet Omdannelsen af de organiske Stoffer i Jordbunden og derigennem ogsaa Destruktionen af de af Rødderne udskilte Giftstoffer. Disse Omdannelser udføres som ofte omtalt i det foregaaende væsentlig ved Jordbakteriernes Hjælp. Paa den anden Side kan Jordbakteriernes Virksomhed fremmes ved ganske smaa Mængder af de samme uorganiske Stoffer (Kali, Kalk, Fosforsyre m. fl.), som er Næringsstoffer for de grønne Planter, saa at den tilsyneladende paradoxale Sætning om, at Tilsætning af Kunstgødning til en Jordbund væsentlig tjener til at gøde Jordbundsbakterierne, maaske indeholder mere Sandhed, end man ved første Øjekast skulde antage. I hvert Fald er det sikkert, at den afgørende Paavisning af at de grønne Planter under deres Vækst udskiller Giftstoffer gennem Rødderne, i betydelig Grad vil ændre Anskuelserne om Grundene til Frugtbarhed eller Ufrugtbarhed hos en given Jordbund, og det er sandsynligt, at denne Paavisning ogsaa vil føre praktiske Følger med sig med Hensyn til Jorddyrkningen.

Planternes Optagelse af Næringsstof gennem Rødderne. Askebestanddelene og Vandet, som Planterne behøver, optages gennem Rødderne ved Osmose. Stofferne maa derfor være tilgængelig for Rødderne i vandig Opløsning, og, som omtalt, har Planterne i deres sure Rodafsondringer til en vis Grad et Middel til at bringe Næringsstoffer, som i Jordbunden ikke findes i vandopløselig Tilstand, i Opløsning. Den nærmere Beskrivelse af de osmotiske Fænomeners Natur maa søges i kemiske Haandbøger, og deres Betydning for Planternes Liv findes beskrevet i Plantefysiologien. Det vil vides, at man for at studere de osmotiske Virkninger i Almindelighed kan benytte forskellige naturlige eller kunstige Hinder (Blære, Pergamentpapir osv.) eller porøse Celler af Gibs, brændt Ler el. lign., maaske præpareret paa en eller anden Maade, saa at de fra at være gennemtrængelige „permeable“ gaar over i den halvgennemtrængelige „semipermeable“ Tilstand. Gennem Hinderne eller de porøse Vægge vandrer Opløsningsmidlerne og de opløste Stoffer frem og tilbage med forskellige Hastigheder efter visse bestemte Love. Den levende Celles osmotiske Forhold er dog i visse Retninger forskellig fra den rent ad fysisk Vej foregaaende Osmose,

da Stofferne efter at være vandret ind i Planten i Opløsning ikke gaar ud igen, selv om Planterødderne anbringes i destilleret Vand, eller i alt Fald sker en saadan Tilbagegang saa langsomt, at man kan sige, at Planten praktisk talt beholder alt, hvad den har naaet at faa indsuget i sig i Opløsning. Ved Saftstigningen i Planterne fordeles de forskellige optagne Stoffer rundt om i Planternes Væv, samtidig med at Vandet fordamper fra Planternes overjordiske Dele, saa at der bliver Plads til ny Mængder af Opløsninger, der optages af Rødderne. Concentrationen af de Opløsninger af Næringsstoffer, som gennem Rødderne diffunderer ind i Planten, er i Reglen meget ringe og behøver ingenlunde at være den samme som Concentrationen af Opløsningen, hvorfra Rødderne henter Stoffet. Som Regel vil det være saaledes, at jo tyndere den Opløsning er, der findes uden om Rødderne, desto forholdsvis stærkere vil den Opløsning være, der indsuges af Rødderne. Forholdene er dog meget indviklede, og der kan næppe gives bestemte Love for Stofindtagelsen, men den kan oplyses ved nogle Eksempler hentet fra en lang Række Forsøg udført af *W. Wolf* i 1864. Som Forsøgsplanter anvendte han Pralbønner, hvis Rødder blev anbragt i Saltopløsninger af en Concentration, der blev bestemt før og efter Forsøget. Derved fandt han, at i lige lange Forsøgstider var[91]):

Det anvendte Salt	Concentrationen af Væsken ved Forsøgets Begyndelse	Concentrationen af den Væske som Planterne optog
Kaliumnitrat	0,25 %	0,17 %
	0,10 -	0,10 -
	0,025 -	0,031 -
Ammoniumnitrat	0,25 -	0,34 -
	0,10 -	0,11 -
	0,025 -	0,039 -
Calciumnitrat	0,50 -	0,31 -
	0,25 -	0,16 -
	0,10 -	0,085 -
	0,025 -	0,017 -
Calciumsulfat	0,21 -	0,11 -
	0,026 -	0,035 -

Findes der Salte af flere forskellige Baser i Opløsning, bliver Forholdene, hvori Stofferne optages, forandret, saaledes at Forsøgsplanterne fx. optog meget mere Kalium- og Ammoniumsalt, naar der samtidig var Calciumsalte i Opløsningen, end hvis disse manglede. Spørgs-

maalet er altsaa meget indviklet, og Stofoptagelsen er ikke noget rent fysisk-kemisk Fænomen men en fysiologisk Virksomhed.

Der foreligger et meget betydeligt Antal Undersøgelser over de enkelte Virksomheder og Omsætninger inde i den levende Plante, som de forskellige Plantenæringsstoffer maa antages at deltage i, men dels er disse Spørgsmaal vistnok endnu ikke fuldt klaret, dels maa de siges nærmest at være rent fysiologisk-kemiske Fænomener og kan ikke omhandles her.[92])

Skønt Plantenæringsstofferne inde i Planten ved den fysiologiske Virksomhed indbygges i helt andre Forbindelser end de, i hvilke de optoges ude fra, er det dog ikke ligegyldigt, i hvilken Forbindelse de uorganiske Stoffer bydes Planterne. Som nævnt S. 135 kan man anføre Plantenæringsstofferne som „de fire Syrer“ og „de fire Baser“, nemlig:

Kulsyre	Kali
Salpetersyre	Kalk
Fosforsyre	Magnesia
Svovlsyre	Jerntveilte

hvortil kommer Vand og fri Ilt (for Aandedrættets Skyld) og i mange Planter Silicium, Klor, Mangan, Aluminium og Natrium. Maaden, hvorpaa Kulstof- og Kvælstofforbindelserne optages, er allerede udførligt behandlet i det foregaaende. Kulstof kan for grønne Planter, der ikke optræder som Snyltere, kun optages som Kulsyre, bundet Kvælstof dels som Nitrater og Nitriter dels som Ammoniumsalte, fortrinsvis dog som Nitrat. Fosfor kan kun optages som Orthofosfater. Lavere iltede Forbindelser som Fosfiter og Hypofosfiter ligesom ogsaa Fosfider er Plantegifte. For Svovl gælder noget lignende, kun Sulfater kan optages, Sulfiter, Hyposulfiter og Sulfider er Plantegifte. Metallerne kan optages som Iltsalte eller Haloidforbindelser. Ferroforbindelser er dog i større Mængder Plantegift. For alle Stofferne gælder det, at Planterødderne kun taaler at komme i Berøring med meget tynde Opløsninger, men de forskellige Plantearter forholder sig dog meget forskellig i saa Henseende, saaledes taaler Saltplanterne en langt stærkere Opløsning af Natriumklorid end mange andre Planter. Stærkere Opløsninger af Magniumklorid og Calciumklorid synes at være meget skadeligere for Kornsorterne end tilsvarende Mængder Kaliumklorid. Klorater og Perklorater er stærke Plantegifte. Det maa antages for givet, at Silicium kun kan optages som opløselig Kiselsyre, men iøvrigt er dette Stofs Optagelsesmaade meget lidt kendt, skønt som vist S. 136 Kiselsyre udgør fx. 36 % af Hvedehalms Aske og 22 % af Rughalms Aske. Det anførte om For-

bindelsesmaaderne, under hvilke Stofferne optages af Planterne, gælder dog kun for de grønne Planter i fuldvoksen Tilstand, naar de optræder som „selvstændige Erhververe“. For Kimplanter, Snylteplanter, Planter der lever i „Symbiose“ med andre Organismer, Svampe og Bakterier gælder andre Ernæringslove, hvad delvis har faaet sin Omtale i det foregaaende.

JORDFORBEDRINGSMIDLER

Vanding, Afvanding, Landvinding, Mergling og Jordtilførsel.

Ved Jordforbedring forstaas visse Forholdsregler, der bliver foretaget af Mennesker i den Hensigt at gøre Jordbunden til en bedre Vokseplads for de dyrkede Planter end den var forud. Disse Forholdsregler kan bero dels paa direkte Tilførsel af Stoffer, der er gavnlig for Plantevæksten, dels paa Bortfjernelse af eller Forhindring af Dannelsen af Stoffer i Jordbunden, der er skadelige for Plantevæksten. Det vil derfor være nødvendigt her i Jordbundslæren at fremsætte en kort Oversigt over de benyttede Metoder og de Stoffer, der anvendes ved Jordforbedring.

Vanding. Fra ældgammel Tid er i de gamle Kulturlande Kina, Indien og Ægypten Vanding og Afvanding gaaet ind som regelmæssige Led i Agerbruget, og under Englændernes kloge og forudseende Styre af Indien og Ægypten er de gamle Fremgangsmaader, der under Muhamedanernes Herredømme var gaaet i Forfald, atter blevet bragt frem til en høj Grad af Fuldkommenhed støttet til mægtige Ingeniørforetagender. Disse Anlæg, der blev udført til Befolkningens Bedste, har baade i Ægypten men navnlig i Indien vist sig at være i flere Henseender økonomisk fordelagtige Foretagender, der rigelig har forrentet de anvendte meget store Kapitaler. Gamle forfaldne Anlæg er forbedret og ny Landstrækninger er blevet forsynet med storartede Vandingsanlæg, saa at ørkenagtige Egne er omdannet til frodige Marker, og store Sumpstrækninger navnlig i Indien omkring de store Floders lavtliggende Deltalande er blevet gennemskaaret med Afvandingskanaler og derved gjort dyrkelige og beboelige.[93]) Selskaber med europæisk Kapital i Ryggen søger ogsaa i den nyeste Tid ved Vandingsanlæg at gøre de gamle nu ørkenagtige men i Oldtiden meget frugtbare Egne omkring Eufrat og Tigris til Kornlande, og Hveden fra disse Egne med Solvarme

og billig Arbejdskraft ventes snart at kunne foranledige en Reduktion i Kornpriserne paa det europæiske Marked.

I den ny Verden er i de amerikanske Fristaters sydligere Egne navnlig i Arizona og Kalifornien i Løbet af det sidste Fjerdedelsaarhundrede mange Steder blevet anlagt store Spærredæmninger over Dalstrøg i Bjergegne, hvorved der er dannet kæmpemæssige Vandbeholdere. I Snesmeltningsperioden i Bjergene eller under Regnperioder bliver disse Beholdere fyldt med Vand, og i den tørre Tid kan der fra dem tages Vand til Vanding af de nedenfor Bjergene liggende udstrakte Sletter, og man kan herved ikke alene forøge Udbyttet af de dyrkelige Marker og udstrakte Frugtplantager, men det er navnlig muligt ved hensigtsmæssige Foranstaltninger at afsalte Jordbunden. I det varme Klima er der nemlig paa mange Kvadratmile store Strækninger i Jordbundens alleröverste Lag sket en Ansamling af Salte, der ved Haarrørsvirkningen i opløst Tilstand er trukket op i Overgrunden og ved Fordampning af Vandet udskilt der i saa store Mængder, at den i og for sig frugtbare Jordbund er forvandlet til øde Saltørkener. De bliver nu efterhaanden atter til dyrkeligt Land. — Vi kan dog ikke her dvæle ved de forskellige Fremgangsmaader, der benyttes til at afsalte Jordbunden, men kan henvise til hvad der paa andet Sted er fremsat om dette interessante Emne.[94])

Alle de nævnte Vandingsanlæg i Ægypten, Indien og U. S. findes i Egne med tropisk eller halvtropisk Klima, hvor den brændende Sol og den kun med lange Mellemrum indtræffende eller ofte udeblivende Regn nødvendiggør en Vanding af Agerjorden, men til Gengæld ogsaa tillader, at der høstes 2—3 Gange om Aaret, naar der vandes. Men ogsaa i Egne med mindre varmt Klima lader Vandingsanlæg sig udføre med Fordel dels for direkte at vande de dyrkede Planter, men navnlig for gennem de i Overrislingsvandet værende opslemmede og opløste Stoffer at tilføre Planterne Næring. Det er Engvandingsanlæg eller Overrisling af lave Arealer for Græskulturens Skyld, der er Hovedsagen, hvorimod Vanding af Agerjord kun undtagelsesvis udføres.

I Begyndelsen af forrige Aarhundrede, da Landbruget rejste sig fra sin lange Stilstand, var der ogsaa hos forskellige Mænd Planer oppe om Vanding af Jorden. Et af de mest karakteristiske Eksempler herpaa er Overhofmarskal *A. W. Hauch's* „Om Nytten af en populær Hydrologie". Heri skrives bl. a.: „Den danske Landmand beskieftigede sig *hydroteknisk* hidtil fornemmelig med Vandets Afledning fra hans Jord; hvor vigtigt vilde det ikke være, om man under fornødne Omstændigheder, mere almindeligt end hidindtil er sket var betænkt paa at tillede Vandet paa Jorden og sætte Engene under Vand . . . Landmanden vilde

mindre være udsat for det Tab og de skadelige Følger, som tørre Aaringer medbringe, og Landet i det Heele vilde derved erholde en Tilvækst af Frugtbarhed og Rigdom, som er uberegnelig . . . Forsøg, som er anstillede i Engelland, have vist, at Hedelyngen (en Plante, som vore jyske og holstenske Heder desværre alt for rigelig ere forsynede med og som med hvert Aar giør den ufrugtbare Jord, paa hvilken den befindes, endnu ufrugtbarere) kan aldeles udrydes, og tilsidst overlade det Sted, som den indtager, til nyttige Græsarter, blot ved det at Jorden, hvor den befindes, sættes under Vand.“ [95])

I Danmark vandes dog ingen Steder Agerjorden og det kan næppe nok siges i nyere Tid at være taget under alvorlig Overvejelse, hvorvidt det kan lade sig gøre. Men i vort sydlige Naboland har Vanding ogsaa af Højjorden efter amerikansk Mønster i de senere Aar gentagne Gange været paa Tale, dels ved at benytte Vand fra Floder og Søer, dels Vand fra borede eller gravede Brønde. Nogen praktisk Følge er der dog formentlig endnu ikke kommet frem af de forskellige Planer. At det engang i Fremtiden vil blive udført, er der ingen Tvivl om. Det vilde være af den allerstørste Betydning for at sikre Maksimum af Udbytte af Jorden, hvis der kunde vandes paa vore Sæde-, Roe- og Græsmarker, naar Tørken indtræffer under Voksetiden. I saa Henseende behøver blot at henvises til det S. 20 efter *Tuxen* anførte Eksempel, hvori vises, at Udbyttet af et Stykke kunstgødet Mark det ene Aar kun var 3,2 Fold, da Regnmængden i Voksemaanederne var 17 Mm., men det næste Aar 22 Fold, da Regnmængden var 158 Mm. Endnu er det vistnok næppe økonomisk muligt at vande Agerjorden i Danmark, da den nødvendige Maskinkraft til at pumpe Vandet op fra Grundvandet eller fra de Søer eller Aaer, hvor man nu vilde hente det, bliver for dyr. Men naar elektrisk Drivkraft engang bliver billig nok, vil Spørgsmaalet om Vanding af Agermarken i Danmark utvivlsomt blive løst.

Afvanding. Medens som nævnt Vanding af Agerjorden hører til de ikke iværksatte og maaske endnu ikke iværksættelige Jordforbedringsmidler her i Danmark, har Afvanding spillet en stor Rolle. I tidligere Tid var Danmark langt vandrigere end nu, Aaernes Vandføring var gennemgaaende større, og Landet var opfyldt med Søer og Sumpe, hvis Plads nu kun kan paavises ved Geologiens Hjælp. Selve Vandoverfladen i de endnu eksisterende Søer var betydelig større end nu, saa at der over hele Danmark er foregaaet en stærk Formindskelse af Vandbeholdningen i Landet. Ad naturlig Vej er der lige siden Istidens Slutning foregaaet en Afvanding, dels ved at Vandbeholderne er blevet fyldt op med nedslemmet Materiale eller er groet til med Vandplanter (se Afsnittet

om Moser 2. Bd. S. 181), dels ogsaa ved at Aaer og Bække har uddybet deres Lejer og skaaret sig dybere ned i Underlaget. Ad kunstig Vej har man allerede i Middelalderen foraarsaget Afvanding ved Aaregulering og Grøftegravning, selv om der ogsaa kendes Eksempler paa det modsatte: kunstig Opstemning af Aaer og Søer bl. a. i Fiskeriøjemed og for at skaffe Vandkraft.[96]) Efterhaanden som Agerdyrkningen bredte sig paa Skovenes Bekostning, skred Afvandingen af den danske Jordbund mere og mere frem, men endnu saa langt ned i Tiden som i Midten af det 18de Aarhundrede henlaa dog store Strækninger lidende af „skadeligt Vand". Som oplysende Eksempel paa Tilstandene den Gang kan følgende anføres:

Erik Pontoppidan meddeler i sin „Danske Atlas" 1. Bd. 1763 i Afsnittet „Om Danmarks Grund i Ager, Eng, Tørvemoser og Skove" Beretninger fra England, i Følge hvilke man anslog, at omtrent $^1/_3$ af det dyrkelige Land henlaa i udyrket Tilstand som Overdrev og Kærjord. P. mener, at slet saa galt er det dog ikke i Danmark: „Dog alligevel holder jeg for, at i Jylland ligge mange Tusinde og i Sjælland nogle Tusinde Tønder Hart-Korns Sædeland indtil denne Dag øde, eller saa got som øde, overgroet med Lyng, med Mos, eller med lidt tørt og ukraftigt Græs, da det dog, ved Dyrkelse og Jordens Aabning, samt Udsettelse for Solens og Luftens *Effluviis*, kunde blive til Deels 3 Gange saa grødefuldt og gavnligt for sin Eyermand. Det samme kan siges om en muelig og saare gavnlig Omskiftelse, værd at foretage i mange sure Moser og øde Kiær, som ved Aabning og Afløbs-Render, kunde give baade Græs, Høe og Tørv i stor Overflødighed, da de nu give saare lidet ... Paa visse Stæder tilføres de Danske Enge ikke liden Skade, ved Vand-Møllernes Magt til at hindre Vandets Fald med deres Stiebord og Sommeren igennem, at lade alt for megen Vædske blive staaende paa Engene. Man veed Exempel, at en saadan Mølles Afskaffelse mod billigt Vederlag, haver forskaffet de tilgrendsende Proprietarier aarlig et par Tusinde Læs Høe, da alle deres vidtløftige Eng-Marker blive befriede for Sommer-Vandet, hvis Oversvømmelse tilforn gjorde dem saa got som ubruelige."

Siden Erik Pontoppidans Dage er Udtørringen af Moser og Kær i Forbindelse med Aareguleringen skredet frem i stor Maalestok. Særlig haardt er det gaaet ud over Vandmøllerne. Der lever sikkert nu mange Mennesker her i Landet, som aldrig har set en Vandmølle. I tidligere Tid dannede derimod den lavt liggende Møllergaard med det store klaprende Vandhjul og den ovenfor liggende Mølledams klare blinkende Øje et karakteristisk Træk i det danske Landskab. Ødelæggelseskrigen mod Vandmøller er ikke altid foregaaet under helt fredelige

Former,[97]) men har i høj Grad bidraget til at gøre Engstrækningerne langs Aadalene mindre „vandsyge“ og har mange Steder været en væsentlig Betingelse for Muligheden af at udføre Dræning af de tilgrænsende Arealer. Hvor store Strækninger, der er indvundet for Agerbruget eller i hvert Fald forbedret ved Dræning og Afvanding, lader sig vistnok næppe angive med Sikkerhed uden meget vidtløftige Undersøgelser, men at Afvandingen har gavnet Agerdyrkningen i Danmark i overordentlig høj Grad er almindelig anerkendt.

Ved Udtørring af Søer og ved Tørlægning af afdæmmede Havvige er i Løbet af de sidste hundrede Aar ogsaa indvundet meget Land i Danmark. De vigtigste af denne Art Foretagender er følgende, men Angivelserne af de indvundne Arealers Størrelser maa dog kun betragtes som omtrentlige:

Jylland	nordlige Del	Sjørring Sø, Hundborg Herred	1550	Tdr. Ld.
		Gaardbo Sø, Horns Herred	450	- -
		Tissing Vig paa Mors	200	- -
		Hundsø i Sejerslev Sogn, Mors	125	- -
		Bygholms- og Hanvejler	5500	- -
		Flade og Ørum-Søer i Hassing Hrd.	2500	- -
	sydvestlige Del	Fil Sø i V. Horne Herred	3500	- -
		Tastum Sø i Fjends Herred	1350	- -
	sydøstlige Del	Kolindsund	4300	- -
		Indd. ved Overgaard i Gjerlev Hrd.	100	- -
		Norsmindefjord mellem Ning- og Hads-Herreder	400	- -
		„Haabet“, Vig ved Palsgaard i Bjerge Herred	180	- -
		En Vig i Koldingfjord	70	- -
		Ialt i det mindste...	100	Km.^{2}

Fyn — Navnlig i den nordlige Del af Øen er allerede i Slutningen af det 18de og i Begyndelsen af det 19de Aarhundrede væsentlig omkring Odense Fjord og paa Nordkysten foretaget store Inddæmninger

Fyn

paa over 15 forskellige Steder, saa at det samlede Areal, der er indvundet, er beregnet at løbe op til 5133 Tdr. Ld. Heraf udgør Einsidelsborgs Inddæmning og Østrupgaards Inddæmning hver omtrent 1200 Tdr. Ld. Senere er tilkommen en Inddæmning ved Gyldensten med omtrent ligesaa stort Areal altsaa:

Ialt i det mindste... 35 Km.²

Sjælland

Fra Tidsrummet før det 19de Aarhundredes Begyndelse findes ikke faa større og en Mængde mindre delvis eller helt fuldførte Afvandingsforetagender i Hovedsagen udført ved Afgravning af Moser eller Søer. Nogle af de vigtigste var Ebberholt Dam (200 Tdr. Ld.) og Borup Sø (c. 90 Tdr. Ld.) i Frederiksborg Amt, en Mose (300 Tdr. Ld.) ved Rosenfeldt i Præstø Amt, Baremose (923 Tdr. Ld.) lidt Nord for Vordingborg, Noret (el. Nylandsmose 250 Tdr. Ld.) ved Gavnø m. fl. Senere hen er sket følgende Landvindinger dels ved Fuldførelse af ældre Anlæg, dels ved Nyanlæg.

Søborg Sø	1100	Tdr. Ld.
Sidingefjord	1250	- -
Klintsø	460	- -
Ringholm og Hovvig	350	- -
Saltbækvig	2260	- -
Lammefjord	7500	- -
Svinningevejle	300	- -
Svinøvig	500	- -
Kostervig	480	- -
Korsør Nor	150	- -
Tjærebyvejle	300	- -
Skelskør Indfjord	150	- -

Ialt i det mindste... 90 Km.²

Laaland, Falster

Paa disse Øer er det kun smaa Arealer, der er indvundet ved Afgravning af Moser eller Søer, men ved Inddæmning af Havvige er der fremkommet forholdsvis store Strækninger, der er taget i Brug til Græsning eller Agerdyrkning.

Laaland og Falster	I Vestenskov Sogn		630	Tdr. Ld.
	I Kappel Sogn	c.	1500	- -
	I Arninge Sogn		210	- -
	I Landet Sogn		190	- -
	Flere mindre Arealer tilsammen	c.	150	- -
	Vaalsevig		1200	- -
	Bøtø Nor		4300	- -
	Hasseløvig		600	- -
	Flere mindre Arealer tilsammen	c.	220	- -
	Ialt i det mindste...		49	Km.^{2}

Ogsaa paa Møen er der sket Landvindinger.

Man kan altsaa gøre Regning paa, at der i Danmark er indvundet i den nyere Tid henimod 275 Km.^{2} Land dels fra Havet dels ved Udtørring af Søer, og heri er endda kun medregnet de større Foretagender af denne Art.

Mergling. Haand i Haand med Afgravning og Dræning er der i Løbet af de sidste 200 Aar anvendt andre Jordforbedringsmetoder navnlig Mergling og Tilførsel af Gødningskalk, og i den nyeste Tid bliver Betingelserne for de enkelte Landsdeles Forsyning med Mergel underkastet omfattende Undersøgelser. Mergling er et fra gammel Tid kendt Jordforbedringsmiddel. Som man vil se af det S. 123 anførte, kendte allerede i Midten af det 18de Aarhundrede *Francis Home* ikke alene baade Mergel og Gødningskalk, hvis Anvendelse i Praksis gaar endnu langt længere tilbage i Tiden, men H. angav Metoder til Paavisning af Mergel og delvis til kvantitativ Bestemmelse af Kalkindholdet omtrent af samme Art som de i Nutiden brugelige. Paa samme Tid udtaler *Erik Pontoppidan* sig herhjemme om dette for Jordbruget saa vigtige Spørgsmaal paa en saa klar Maade, at hans Udtalelser endnu har fuld Gyldighed. Der skal derfor her gives et lille Uddrag af dem:

„Mærgel eller Jord-Marv, som i sin rette Brug befordrer Jordens Frugtbarhed, men ved Misbrug kand skade den, findes paa mange Stæder i alle Provintser, naar man ellers kiender og opsøger den. I Nørre-Jylland er den længe siden brugt, men ogsaa misbrugt til den Virkning, som Ordsproget giver tilkiende, nemlig at den giør en riig Fader og en fattig Søn, fordi dens alt for store Qantitæt paa den urette Ager, og dens alt for ofte Igientagelse har udmærglet og udmagret Ageren saaledes, at samme taber mere end den vinder derved ... De tage feyl, som tænke, at Mærgel er i sig selv, en Giødning for Jorden, og at dens Overflødighed kand gavne ... En maadelig Blanding af Mærgel

giør samme Virkning i Jorden, som Kræbs-Øyne eller andre absorberende Ting i Menniskets Mave, nemlig den trækker Syrligheden til sig, eller indsuer Frugtbarhedens Forhindring, særdeles i siid suragtig Ager eller Eng, som taaler meest deraf. Dernæst dilaterer eller udvider den Jordens mindste Deele til alle Sider, saa at den alt for tætte og seye Ager bliver usigelig skiør og aaben, altsaa bekvem for Luftens Indtrængelse og de fine Sæde-Rødders Udstrækning."

For 50—70 Aar siden blev en stor Del af den danske Agerjord merglet og i den nyere Tid er nyopdyrket Jord navnlig i Jyllands Hedeegne paa mangfoldige Steder blevet merglet eller kalket og omdannet til taalelig god Agerjord. I denne Henseende vil Hedeselskabets fortjenstfulde Virksomhed som Leder og Organisator være saa almindelig bekendt, at nærmere Omtale ikke kan være fornøden her.

Som Mergel kan benyttes enhversomhelst tilstrækkelig kalkholdig Jordart, der ikke indeholder skadelige Stoffer. Her i Landet er Morænemergel og stenfrit Diluvialler de almindeligst anvendte. I Vendsyssel har Yoldialer ogsaa været benyttet i stor Maalestok som Mergel. Som Gødningskalk kan benyttes alt Kalkslam eller naturligt forekommende Kalksten, naar den let lader sig findele. I Danmark hidrører den mest benyttede Gødningskalk fra den danske Kridtformations blødere Lag navnlig fra Skrivekridt og Blegekridt, dog har ogsaa de haarde Kalkstensarter saasom Faxekalk Anvendelse efter Brænding og Luftlæskning. I Løbet af de sidste Par Aar er der indført meget svensk Kalk her til Landet som Gødningskalk. Det er dels pulveriseret Kalksten fra Kridtformationen i Skaane, dels findelt silurisk Kalksten fra Gulland. Paa de jyske Landboforeningers Udstilling i Aalborg 1908 blev der fremstillet Gødningskalk paa en Maade som tidligere har været benyttet og til Dels endnu benyttes i det sydvestlige Jylland (Egnen omkring Hjerting Bugt og Blaavand samt paa Fanø).*)

Paa en dertil egnet Plads lægges først Lyng iblandet med Udhugst fra Klitplantagerne i et Lag paa 1—1½ Fods Tykkelse. Derpaa et 6 à 8 Tm. tykt Lag Sneglehuse (eller Muslingskaller) som er opsamlet paa Strandbredden. Ovenpaa dette atter et Lag Lyng ofte blandet med Hedetørv, Udhugst og andet brændbart Materiale, hvorpaa atter et Lag Sneglehuse (eller Skaller) osv. indtil Stakken, der som Regel er kredsrund, har naaet en Højde af 2—3 Alen. Nu tildækkes Siderne med Jord, det underste Lag antændes og efter 1 à 2 Dages Forløb er Brændingen forbi. Stakkens Diameter retter sig efter den Mængde Skaller, man har til Raadighed.

---

*) *J. H. Chrf. Dau* beretter i sin „Neues Handbuch über den Torf" (Leipzig 1823, S. 16): „om de ofte i uhyre Mængder paa Stranden opskyllede Muslingeskaller, hvoraf der paa Vestkysten af Hertugdømmerne brændes Kalk i saa betydelige Mængder.

Mergels Virkning beror i første Linje paa dens Kalkindhold. Betydning af Kalktilførsel beror ikke alene paa, at Kalk som anført S. 135 hører til de nødvendige Plantenæringsstoffer, men ogsaa maaske i nok saa høj Grad, navnlig ved lyngsure Jorder og Moser, paa at Kalken letter eller muliggør Omdannelsen af det organisk bundne Kvælstof i Jorden, saa at Salpeterbakterierne, der ikke trives i sur Jord, nu kan tage fat og fuldføre deres nyttige Virksomhed. Men ved Kalktilførslen og Salpeterdannelsen ægges Planterne til at optage saa meget som muligt af de andre Plantenæringsmidler navnlig Kali og Fosforsyre, saa at der herved sker et stærkt Forbrug af disse i Reglen kun i smaa Mængder tilstedeværende Stoffer, hvorved Mergelens udtømmende Virkning paa Jordbunden finder sin Forklaring, hvis der ikke samtidig tilføres tilstrækkelig af disse Stoffer.

Gødningskalk virker i samme Retning som Mergel, men betydelig kraftigere paa Grund af sit større Kalkindhold, hvis den da er tilstrækkelig findelt, saa at den let kan spredes paa og i Jorden. Baade for Gødningskalks og Mergels Vedkommende viser den frugtbargørende Virkning sig i Reglen ikke lige straks men først efter et eller to Aars Forløb, da Kalken skal have nogen Tid til at omsætte sig med Stofferne i Jordbunden, som den paavirker. Er Jordbunden stærk sur som Skovmor eller Mosejord, kan Salpeterdannelsen dog indtræde saa stærkt og pludselig, at der kan være Fare for, at der dannes mere Salpeter, end Planterne kan optage i det givne Øjeblik.[98]) I saadanne Tilfælde vil det derfor være bedre at give Gødningskalken i mindre Mængder fordelt over længere Tidsrum, hvis dette af praktiske Grunde er muligt at udføre.

For store Mængder Gødningskalk eller Mergel kan ogsaa i andre Henseender virke skadeligt, da de kan vanskeliggøre Planternes Optagelse af Fosforsyre.*) Denne er, som tidligere omtalt, i almindelig Agerjord i Reglen kun tilstede i smaa Mængder og i bunden Tilstand, saa at den først bliver opløseliggjort og tilgængelig for Planterne ved Indvirkning af deres sure Rodafsondringer. F o r m e g e t Calciumkarbonat i Jordbunden vil derfor forhindre de sure Rodafsondringer i at angribe de i Vand uopløselige Fosfater og vil tillige omdanne de maaske tilstedeværende vandopløselige Fosfater til uopløseligt Fosfat.

*) Passende Mængder Mergel og Gødningskalk virker derimod som omtalt i den modsatte Retning.

Andre Maader at udføre Jordforbedring paa. Foruden at virke ved sit Indhold af Calciumkarbonat paa ovenfor beskrevne Maade kan Mergel i andre Henseender komme til at have Indflydelse paa Jordens Beskaffenhed nemlig ved sit Indhold af Ler. Dette Mineral eller rettere denne omfangsrige Gruppe af Mineraler, hvis systematiske Navn er *Argilliter,**) hører i udpræget Grad til *Kolloidernes* Afdeling i fysisk Henseende. Hertil slutter sig i Jordbunden ogsaa andre Stoffer navnlig Humus, og tillige maaske forekommende Hydroxyder af Jern, Aluminium og Silicium — altsaa Jerntveiltehydrat, Lerjordhydrat, vandholdig amorf Kiselsyre — og i sjældnere Tilfælde enkelte andre Stoffer. Til disse forskellige Stoffer er i Hovedsagen Jordbundens Absorptionsevne knyttet, og det vil derfor være nødvendigt her paa dette Sted at omtale dette Emne lidt nærmere. Spørgsmaalet kan betragtes baade fra fysiske og kemiske Synspunkter, men det er ganske vist navnlig ved Jordbundskolloiderne ret vanskeligt skarpt at holde de fysiske og kemiske Fænomener ud fra hinanden.

Forhold væsentlig af fysisk Art. Mange Kolloider besidder Evnen til at danne „Hydrogeler", d. v. s. de svulmer op ved Berøring med Vand og kan som geléagtige Masser tilbageholde en i Forhold til deres egen Vægt betydelig Vandmængde. Tilførsel af Ler eller Humus til sandet Jord vil derfor paa gavnlig Maade forøge saadanne Jorders ringe vandholdende Evne og vil følgelig kunne virke som Jordforbedringsmidler i ren fysisk Henseende. Omvendt vil stærkt vandholdende Jorder som stivt Ler eller Humusjord ved Tilførsel af Sand blive mindre vandholdende og følgelig blive til en tørere og varmere Vokseplads for Kulturplanterne.

Det er fra gammel Tid bekendt, at Kolloider af forskellig Art kan ved at komme i Berøring med visse Luftarter eller med Stoffer, der er opløst eller opslemmet i Vand, tilsuge disse Stoffer og tilbageholde dem, saa at de atter vanskelig afgives. Trækul indsuger saaledes med stor Begærlighed forskellige stærkt lugtende Luftarter og har derfor i tidligere Tid været benyttet til at rense Luften i Sygeværelser og Lighuse. De stærkt lugtende Stoffer, der afgives ved Forraadnelse af Kadaverdele, kan holdes fuldstændig tilbage, hvis saadanne raadnende Materialer dækkes med et tyndt Lag Tørvemasse eller Jord. Møgsaft og Ajle mister

---

*) Disse Stoffer er vandholdige kiselsure Salte og har derfor ogsaa faaet Navnet zeolitagtige Silicater, men da de saa at sige intet har tilfælles med de typisk krystallinske virkelige *Zeoliter* vil Navnet *Argilliter,* som er foreslaaet af den tyske Forsker *Steinride* allerede 1889, utvivlsomt være at foretrække. Det hentyder til, at disse Stoffer er af leret Beskaffenhed, hvad der ogsaa er en af deres mest iøjnefaldende Egenskaber.

omtrent den mørkebrune Farve, naar de siver ned gennem leret eller humusholdig Jord. Rødvin mister Farven, naar den rystes med Trækul eller endnu bedre med Benkul eller Blodkul. Benkul og visse fede Lerarter kan bruges til at affarve og rense Sukkeropløsninger, og Ler kan ligeledes bruges til „Klaring" af Vin; „Pibeler" bruges til at borttage Fedtpletter osv. Man kan ikke antage, at der ved alle disse Foreteelser dannes nogen kemisk Forbindelse mellem Kolloidet og det Stof, der tilsuges, men denne *Adsorption* maa bero paa rent fysiske Forhold, saa at Stofferne enten kondenseres paa Overfladen af de enkelte fine Smaadele af Kolloidet, eller paa at de saa at sige indhylles i det kolloide Stof. Vigtige tekniske Processer navnlig i Farveriet beror paa disse Egenskaber hos Kolloiderne. Hollænderen *B. Sjollema* har for faa Aar siden vist, at Jordbundskolloidernes Evne til at tilbageholde Farvestoffer med Fordel kan bruges som et godt Hjælpemiddel ved den mikroskopiske Jordbundsanalyse. De forskellige Kolloider forholder sig forskelligt over for de forskellige Farvestoffer. Methylviolet farver saaledes amorf Kiselsyre og amorft Aluminiumsilikat (Ler), medens Kongorødt kun farver Aluminiumhydroxyd osv. [99])

At en saadan Adsorption af forskellige Stoffer i Jordbunden ved Hjælp af Jordbundskolloiderne ogsaa spiller en vis Rolle ved Frugtbargørelsen af Jorden maa vel antages, men den er dog sikkert kun ringe og træder ganske i Skygge for de nedenfor beskrevne Fænomener.

Forhold væsentlig af kemisk Art. Foruden selve Hovedspørgsmaalet om de kemiske Forhold ved de forskellige Jordarters Absorptionsevne overfor Saltopløsninger af forskellig Art, danner Behandlingen af Emnet ned gennem Tiderne et meget interessant og lærerigt lille Afsnit af Naturvidenskabens Historie, og det vil derfor være ønskeligt i al Korthed at betragte ogsaa disse Spørgsmaal fra et historisk Synspunkt. Allerede i Oldtiden havde man praktiske Erfaringer for, at Saltopløsninger fx. Havvand mistede den salte Smag altsaa forandrede Sammensætning, naar de passerede Lag af humusholdig eller leret Jord. Den mærkelige engelske Præst og Kemiker *Steven Hales* (1677—1761), der ogsaa udførte vigtige plantefysiologiske Undersøgelser, gav i 1739 en Meddelelse til *Royal Society* om, at naar man filtrerede Saltvand gennem Filtre af porøst brændt Ler, var det først gennemløbne Vand fersk. Paa lange Sørejser (saaledes til Grønland) anbefales det i omtrent samtidige Rejsebeskrivelser at medtage „nogle Tønder god Havejord", da man ved Hjælp heraf kan forskaffe sig Ferskvand, hvis den medførte Vandbeholdning maatte slippe op. Disse Forhold blev i Begyndelsen af forrige Aarhundrede underkastet Undersøgelse af flere af de berømteste Kemikere som *Humphry Davy* og *Berzelius* nærmest fra rent kemi-

ske Synspunkter. Noget senere kastede *Liebig* og Agrikulturkemikerne af hans Skole sig med stor Iver over dette Emne i jordbundskemiske Øjemed. Skønt der blev udført en stor Mængde Forsøg, der gav Anledning til gode Iagttagelser over Jordarternes Absorptionsevne over for Opløsningen af forskellige Salte, saa havde den rigtige Opfattelse af, hvad der egentlig foregik ved disse „Absorptioner", dog nogen Vanskelighed med at komme frem paa dette Tidspunkt. Grunden hertil laa dog ikke i, at Forsøgene var mangelfulde, eller i at Analyserne ikke var godt nok udført, men i den doktrinære teoretiske Opfattelse, som man gjorde gældende ved Betragtningen af Forsøgsresultaterne. I de foreliggende Tilfælde saa man ikke først paa Spørgsmaalets kemiske Side, skønt det er den, der i første Linje løses ved den kemiske Analyse. Man betragtede altsaa ikke Jordbundskolloiderne og de benyttede Saltopløsninger, som det de uimodsigelig er nemlig kemiske Individer eller et Samfund af kemiske Individer, der driver „Tusk- eller Byttehandel" med andre Samfund (Saltopløsningerne) af kemiske Individer. Men man betragtede Jordarterne først og fremmest som Jordbund for Plantevæksten og Saltopløsningerne som Plantenæring. At dette er den endelige Maalestok, der skal anlægges paa de vundne Resultater er sikkert nok, men man kan ikke begynde med at rulle et Garnnøgle op indenfra uden at spege Garnet. Den yderste Ende, der skulde tages fat paa, var at undersøge de kemiske Forhold mellem Stofferne, uden Hensyn til, om Jordarten maaske kunde være tjenlig til Plantevækst, eller Saltopløsningen maaske kunde bruges til Plantenæringsstof. Man kom derved ind paa filosofiske halvreligiøse Anskuelser om Naturens vise Hensigt med Jordbundens Absorbtionsevne og afskar sig derved paa Forhaand fra at faa virkelig Klarhed over, hvad Art de kemiske Reaktioner egentlig er, der betinger Absorptionsfænomenerne.

Den bekendte tyske Agrikulturkemiker *E. v. Wolff* skriver saaledes om det omhandlede Spørgsmaal meget karakteristisk for sin Tid omtrent følgende i 1858 *): „Den allerede i længere Tid kendte Egenskab hos Agerjord at kunne til en vis Grad optage og tilbageholde Ammoniak, Kali, Fosforsyre og Kiselsyre af deres i Vand opløselige Forbindelser maa enhver beundre som en overordentlig vis Indretning af Naturen. Herved bliver Udvaskningen og Nedsynkningen i Undergrunden af disse Plantenæringsstoffer forhindret eller i alt Fald forsinket, og disse er netop de allervigtigste Plantenæringsstoffer og forekommer i Reglen kun i ringe Mængde." [100])

I den sidste Fjerdedel af forrige Aarhundrede blev Absorptionsfæ-

*) Det anførte Stykke er skrevet i uendelig lange Perioder, der er vanskelige at oversætte paa godt Dansk.

nomenerne baade hos Ler, Humus og rent kunstigt fremstillede Kolloider (Hydrater af Tinsyre, Berylliumilte, Manganoverilte m. fl.) underkastet meget vidtgaaende kemiske Undersøgelser af Hollænderen *J. M. van Bemmelen* ved Universitetet i Leyden,[101]) og i den nyeste Tid (1908) er der sket en Sammenfatten af hele Emnet og den dertil hørende vidtløftige Litteratur af det amerikanske „Bureau of soils". [102])

Naar man i Korthed vil anføre, hvad det er, der gør sig gældende ved de saakaldte Absorptionsfænomener i Jordbunden, er det væsentlig to forskellige Grupper af Reaktioner, der optræder, nemlig:

1) Reaktioner, der foregaar væsentlig mellem Kolloiderne i Jordbunden og de i Jordvandet opløste Salte. De foregaar i Overensstemmelse med Massevirkningsloven (*Guldberg & Waages* Lov). Disse Reaktioner kan, naar Omstændighederne forandres, gaa tilbage igen, og er altsaa reciproke Processer.

2) Reaktioner, hvorved der ved Omsætning mellem Jordbundens forskellige Stoffer — ikke blot Kolloiderne men ogsaa de finfordelte krystallinske Mineralpartikler — og Saltene i Jordvandet opstaar uopløselige Stoffer. Disse Reaktioner plejer praktisk talt ikke at være reciproke eller gaar i alt Fald kun yderst langsomt tilbage igen. Undertiden „absorberes" kun Syren i det opløste Salt, undertiden kun Basen, men det kan ogsaa ske, at baade Syre og Base fældes som uopløselige Forbindelser af andre Stoffer henholdsvis Baser eller Syrer. Herved kommer det altsaa til at se ud, som om det var selve Saltet i Jordvandet, der var blevet absorberet, medens der i Virkeligheden er sket en Dobbeltdekomposition under Dannelse af to uopløselige Salte.

Som talmæssige Eksempler paa Processer, der foregaar efter Massevirkningsloven, kan benyttes nogle Undersøgelser foretaget af *Lemberg* i 1876. Der blev anvendt et vandholdigt Aluminium-Kaliumsilikat, der, naar der ses bort fra Vandindholdet, bestod af[103]):

I.	SiO_2	= 46,64 %
	Al_2O_3	= 29,38 -
	K_2O	= 22,15 -
	Na_2O	= 1,83 -

I Løbet af tre Uger blev Stoffet behandlet med kulsyreholdigt Vand. Herved udtraadte den største Mængde af Kaliet, og Vand indtraadte i Stedet. Det tilbageblevne Stof (bortset fra Vandindholdet) bestod af:

II.	SiO_2	= 54,03 %
	Al_2O_3	= 39,65 -
	K_2O	= 5,31 -

Behandlede man dette vandholdige kalifattige Silikat i længere Tid med en Kaliopløsning, gik den reciproke Proces for sig. Nu opstod der et Silikat af følgende Sammensætning:

III.	SiO_2	=	46,60 %
	Al_2O_3	=	35,67 -
	K_2O	=	17,68 -

Behandlede man det oprindelige Silikat I en Tid lang med en Opløsning af Ammoniumklorid, blev næsten al Kali opløst som Klorid, og Ammoniak (rigtigere Ammoniumilte) indtraadte i Stedet. Dette vises ved Analysen af det nu frembragte Stof:

IV.	SiO_2	=	56,17 %
	Al_2O_3	=	34,59 -
	K_2O	=	0,89 -
	NH_3	=	8,37 -

Som Eksempler paa Dobbeltdekompositioner, hvorved der dannes to uopløselige Salte i Jordbunden, kan nævnes følgende. En Jordart, der indeholder Calciumhumater med Overskud af Humussyre, vil ved Behandling med en Opløsning af Ammoniumfosfat helt kunne berøve Væsken dette Salt under Dannelse af uopløselige Ammoniumhumater og ligeledes uopløseligt Calciumfosfat.

Lermergel, Ler og almindelig god Agerjord indeholder, foruden større og mindre Stykker af Bjergarter og Mineralier hvoriblandt Calciumkarbonat i forskellige Former, som nævnt ogsaa Kolloider af Argilliter (vandholdige Silikater af Aluminium og en eller anden stærk Base navnlig Kalk eller Kali), Hydroxyder (Ferrihydroxyd, i mindre Mængde Aluminiumhydroxyd) og desuden i Agerjord og Humusjorder mindre eller større Mængder af Humus og Humater. Som Følge heraf viser disse Jordarter sig at have en efter Kolloidernes Mængde og Beskaffenhed vekslende „Absorptionsevne“ over for de forskellige Stoffer, der i vandig Opløsning kommer i Berøring med Jordbunden. Her tildrager navnlig de plantenærende Stoffers Forhold sig Interessen. Af Syrerne absorberes ikke Salpetersyre, Saltsyre og Svovlsyre, da de ikke danner uopløselige Argilliter, Humater eller uopløselige Salte med de almindelige i Jordbunden forekommende Baser. Dog kan Svovlsyre til en vis Grad holdes tilbage, hvis Jordbunden indeholder Calciumkarbonat, hvormed den kan omsætte sig til Sulfat. Fosforsyre holdes tilbage baade af Hydroxyderne, af Calciumkarbonat og tildels ogsaa som komplexe Forbindelser sammen med Humus. Blandt Baserne optages Kali og Ammoniak af Argilliterne og af Humus. Ofte sker der mellem de

kalkholdige Argilliter (vandholdigt Aluminium-Calciumsilikat) og Kaliumsaltene i Jordvandet en Dobbeltkomposition efter Massevirkningsloven, saa at Kaliet gaar ind i Argillitens Sammensætning, og Jordvandet kommer til at indeholde Calciumsalt. Der dannes ogsaa let Kaliumhumater, der er meget tungtopløselige i Vand (Smlg. S. 77). Natron forholder sig paa lignende Maade som Kali, men bliver dog i Reglen ikke absorberet i saa høj Grad. Naar Jordbunden kommer i Berøring med Opløsninger af Natriumklorid eller Natriumnitrat, kan der dannes opløseligt Kalisalt. medens Natron indgaar i Argilliternes Sammensætning. Kogsalt eller Chilisalpeter kan saaledes indirekte virke som Kaligødning paa Jordbunden. Kalk og Magnesia i Form af opløselige Salte forholder sig omtrent som Natronsalte og absorberes i Almindelighed kun lidt. Dog er Calcium- og Magniumhumaterne uopløselige i Vand. Indeholder Jordbunden Fosforsyre, kan der ogsaa bindes Kalk som uopløseligt Fosfat, ligesom Magnesia kan bindes af Aluminiumhydroxyd. Gibs kan virke udtømmende paa Jordens Kaliindhold ligesom Natriumklorid og Chilisalpeter.

Ved Tilførsel af kolloidholdige Stoffer, det vil praktisk talt sige lerede eller humusholdige Jordarter, kan man altsaa forøge en Jordbunds Absorptionsevne over for adskillige af de plantenærende Stoffer, samtidig med, at dens vandholdende Evne, som tidligere nævnt forøges.

Forbedring af Jordbundens Varmeforhold. I Vinegnene, hvor det gælder tidligt om Foraaret at faa Jordbunden opvarmet ved Solstraalernes Hjælp, belægges ofte Jorden omkring Vinstokkene med smaa Stykker sort Skifer, der i høj Grad paa Grund af den sorte Farve kan indsuge Solvarmen og derved opvarme den under og omkring værende Jord. I nordligere Egne bliver af samme Grund undertiden i Drivbænke Jordens Farve gjort mørkere ved Trækulsmuld og Sod.*)

Omvendt kan et Dæklag af Sand paa Grund af sin lyse Farve virke beskyttende mod altfor stærk Udstraaling af Varme ved mørktfarvede Humusjorder og saaledes til en vis Grad hindre Frostskade paa saadanne Jorder.

Gødningsstoffer og Plantegift.

Ved Plantedyrkningen bortføres sammen med Afgrøden, hvis væsentligste Betydning næsten altid ligger i Indholdet af organiske Stoffer (Kulhydrater, Fedt, Æggehvidestof) ogsaa en større eller mindre Mængde

*) Sod benyttes dog direkte som Gødning paa Grund af sit Kvælstofindhold, og ogsaa som et Middel til at udrydde skadelige Insekter i Jorden.

af de fra Jordbunden i Plantedelene optagne uorganiske Plantenæringsstoffer. Den i Jordbunden oprindelig tilstedeværende Mængde af for Planterødderne let tilgængelige Næringsstoffer vil derfor før eller senere bringes saa langt ned, at det vil vise sig nødvendigt at tilføre ny Mængder af Plantenæringsstof til Erstatning for det gennem Afgrøden borttagne og gennem det nedsivende Regnvand udvaskede Stof. Ved Forvitringen af de uopløselige Mineralbrudstykker i Jordbunden (fx. Feldspat, Apatit osv.) og ved Virkningen af de sure Rodafsondringer bliver der ganske vist frigjort noget Plantenæringsstof, som kan komme Planterne tilgode, men den saaledes iværksatte „Tagen op af Reservefondet“ af Plantenæringsstoffer i Jordbunden er kun sjældent tilstrækkelig til gennem Aarrækker at holde Afgangs- og Tilgangskontoen for letopløseligt Plantenæringsstof i Ligevægt selv hos gode Jorder, endsige da i de mange Tilfælde, hvor der slet ikke findes noget Reservefond af Plantenæringsstoffer saaledes i Jord, der væsentligst bestaar af Kvartssand eller af Humus.*)

Det kan talmæssigt oplyses ved et Eksempel. Som angivet S. 137 kan man antage, at en Runkelroeafgrøde, der giver 60 000 Kg. Roer og 15 000 Kg. Top pr. Hektare, indeholder i Roer og Top tilsammen 460 Kg. Kali (K_2O). Moræneler fra Nordsjælland indeholder i Følge derover anstillede Analyser c. 3 % Kali (K_2O).[104] Vægtfylden af Moræneler er c. 2, altsaa vejer en M^3 2000 Kg. og indeholder 60 Kg. Kali. Paa en Hektare er der fra Overfladen ned til 0,5 M. Dybde 5000 $M.^3$ Jord altsaa 300 000 Kg. Kali. Der synes altsaa at være et Kaliforraad tilstrækkelig til en uafbrudt Roeavl i over 600 Aar i Træk. Praksis vil dog snart vise, at i Løbet af en ganske kort Aarrække vil en intensiv Roeavl ganske udtømme Jordbunden for tilgængelige Kalisalte, selv om den kalirige Roetop nedpløjes i Jorden. Der maa derfor, hvis Avlen skal holdes oppe, gives Jordbunden Erstatning i opløselige Kalisalte i en eller anden Form. Ganske paa samme Maade gaar det med de andre Plantenæringsstoffer (Smlg. S. 137–139 om Erstatningsdrift og Rovdrift).

Hvor Befolkningen var saa tæt, at man ikke stadig kunde tage ny jomfruelig Jord op, naar den gamle var udtømt ved Rovdrift, blev man tidligt klar paa, at der maatte gives Jordbunden Erstatning. Paa Steder, hvor man en Tid lang kunde sætte Jorden under Vand og derved i alt Fald delvis give den Erstatning for de borttagne Stoffer (Smlg. S. 117), blev Agerbruget fortsat paa samme simple Maade gennem Aartusinder, og saavel Husdyrenes Gødning som Planteaffaldet blev efter Tørring i Hovedsagen anvendt til Brændsel; men paa Steder, hvor en grundig Vanding eller Overrisling ikke lod sig udføre, blev man, som tidligere

*) Kvælstofindholdet i Humusjorder er tidligere omtalt.

nævnt, allerede i Oldtiden klar paa Nytten af at anvende Gødning. Hertil blev i Hovedsagen ligesom nu anvendt Husdyrenes Ekskrementer mer eller mindre blandet med Planteaffald, men desuden adskillige andre Stoffer. Det maa overlades til andre at give en historisk Oversigt over Staldgødningens og de menneskelige Fækaliers Tilberedelse, Opbevaring og Anvendelse som Gødning hos de forskellige agerdyrkende Folkeslag ned gennem Tiderne. Dette Emne danner et interessant og vigtigt Afsnit af Agerdyrkningens Historie og derigennem af Kulturhistorien, men det er altfor omfattende til at behandles ved denne Lejlighed. Vi maa her indskrænke os til at betragte Gødningens Sammensætning fra Synspunktet: Erstatningsmiddel for de fra Jordbunden ved Planteavlen borttagne Stoffer.

Sammensætningen af Husdyrenes Ekskrementer veksler meget med Føden, som Dyrene indtager. Vand udgør dog altid en ret stor Mængde ikke alene af de flydende men ogsaa af de faste Produkter. Selv Faareekskrementer indeholder i frisk Tilstand over 60 % Vand. I Middeltal indeholder Kogødning i frisk Tilstand (efter *A. Mayer*):

	De faste Ekskrementer	Urinen	Ekskrementer og Urin tilsammen	
Vand	83,5 %	93,8 %	86,8 %	
Organiske og flygtige Stoffer	14,6 -	3,2 -	11,0 -	Heri Kvælstof = 0,4 %
Askebestanddele	1,9 -	3,0 -	2,2 -	Heri Fosforsyre = 0,13 %, Kali = 0,6 %

Tørstoffet i Ekskrementerne og Urinen tilsammen indeholder:

Kvælstof	= 3,0 %
Fosforsyre	= 1,0 -
Kali	= 4,6 -

I Reglen bliver Udtømmelserne blandet med Strøelse af forskellig Art og en ret betydelig Del af Kvælstoffet kan gaa tabt ved Gæring og Udluftning af Gødningen under Opbevaringen. Det rette Forhold mellem Strøelse og Ekskrementer, og den rette Maade at opbevare Gødningen paa, ligeledes Anvendelsesmaaden og Tiden, naar den skal anvendes, spiller en meget stor Rolle i Landbrugets Økonomi men kan dog ikke nærmere omtales her. Heller ikke er alle de dyrkede Planter lige gode „Betalere“ for Staldgødningen; som anført S. 174 lønner det sig navnlig at anvende den særligt til Rodfrugterne. Ogsaa disse For-

hold er det overordentlig vigtigt for den praktiske Landmand at have nærmere Kendskab til, men Behandlingen heraf maa henvises til Agerdyrkningslæren.

En anden Maade at gøde Jordbunden paa er at brænde den paa Jorden groende Vegetation og lade Asken af de vilde Planter tjene til Gødning for de Kulturplanter, der saas eller plantes paa Brandtomten. Skovrydning ved Ildens Hjælp har været anvendt fra de ældste Tider og bruges endnu baade under Troperne smlg. Fig. 20 fra Sumatra og under meget nordlige Breddegrader smlg. Fig. 21 fra Karelen. Ved Indtrædelsen af den tørre Tid i December Maaned afbrændes i Siams Tørskove det 2—3 Alen høje, tørre og stride Græs for at give Plads for nyt ungt Græs og for at Asken kan gøde Jordbunden. Den bekendte Afrikarejsende *C. G. Schillings* beretter om ganske lignende Forhold i langt større Udstrækning fra Østafrika, hvor Græsbrand ligeledes er en aarligt regelmæssigt tilbagevendende Fremgangsmaade, som de nomadiserende Indfødte anvender for at skaffe frisk Græs til deres Kvæg. Brænding ikke alene af Lyngen (som her i Danmark) men ogsaa af den øverste Del af Lyngskjolden, for at Asken kan virke som Gødning, anvendes meget ved Opdyrkning af Hedemoserne i Hannover og Holland. Herved mistes dog Kvælstofindholdet af Lyngtørven, som under andre Dyrkningsmaader kunde være gjort anvendelig for Kulturplanterne, der saas i den afbrændte Jordbund. Jordbunden bliver imidlertid ved Brandkultur paa en nem Maade gødet af Asken, der ogsaa i fysisk Henseende virker forbedrende paa Jorden, samtidig med at Jorden fuldkommen renses for „Ukrudtet", saa at der straks kan saas Sæd i den.

Det ældgamle *Svedjebruk*,[108]) som endnu drives over adskillige Strækninger af Finland, har tidligere haft en langt større Udbredelse i Finland og Sverig og har sandsynligvis i Oldtiden været i Brug i Danmark. Det karakteristiske ved Svedjebruket er en af Naturforholdene og Menneskenes Faatallighed og ringe Hjælpemidler til at renholde Jorden foraarsaget regelmæssigt Omdrift af Skov, Sæddyrkning, Græsavl, Skov osv. Et passende Skovstykke udvælges, helst et mod Syd vendende fladt skraanende Bakkehæld, hvor Solens Straaler tidligt om Foraaret vil bringe Sneen til at smelte. Her hugges alle Træer og Buske om og ligger hen og tørrer til noget over Midsommertid. Nu tændes hele Massen, og ved Hjælp af forskellige simple men praktiske Redskaber sørger Svedjebrænderne for, at alt brændes, men at Mulden i Jordbunden ikke tager Skade (Smlg. Fig. 21). I Asken saas Rugen meget tyndt — kun $^1/_4$—$^1/_5$ af den Udsæd, der benyttes i Danmark —



Fig. 20. Skovbrænding som Forberedelse til Tobaksdyrkning.
Rotterdam Estate, Tembang-Langkat, Sumatra (Efter Originalfotografi)

og spirer nu af sig selv i Reglen uden at der gøres Forsøg paa Dækning af Sæden. Men nogle Steder pløjedes dog det afsvedne Land med en yderst simpel Plov trukket af en Hest. Jordbunden, der er gødet af den kalirige Aske, er meget frugtbar, og Planterne busker sig stærkt og giver næste Sommer mange og store Aks med fuldvægtige Korn paa den nu omhyggelig indhegnede Ager. Sæden bliver høstet med Segl meget omhyggelig, og Tørringen foregaar til Slutningen i særegne Huse



Fig. 21. „Sved", Skovbrænding som Forberedelse til Rugdyrkning. Finland. (Efter et Maleri af *E. Järnfeldt*).

med kunstig Varme, hvorefter Kornet tærskes. Stubben pløjes og besaas samme Efteraar paany med Rug eller maaske næste Foraar med Havre og saaledes fortsættes, men Jorden bliver paa Grund af den daarlige Pløjning mere og mere „uren", saa at Sæddyrkningen snart ikke længere lønner sig. Endnu kan der i nogle Aar slaas Græs til Høslet paa den gamle Mark, men Buske og Træer indfinder sig, og efter nogle Aartiers Forløb staar der atter Ungskov paa Marken og kun nogle sortsvedne Stubbe af de største Træer i den gamle Skov minder om, hvad der er foregaaet. Naar der er kommet Træer og Buske nok op til at give Aske, fældes og brændes de, og Marken kan paany besaas med Rug. Men Frugtbarheden var ikke nær saa stor, som første Gang, hvorfor man søgte at bøde derpaa ved før Brændingen om Vinteren at slæbe

saa meget Træ ind paa Marken som muligt. Træerne blev hugget vidt omkring, og netop herved kom Svedjebruket til at gøre den største Skade som Skovfortærer.

Allerede i Oldtiden benyttede man foruden Staldgødning og Fækalier ogsaa forskellige andre Stoffer som Hjælpegødninger. Vi kan her forbigaa Fremstillingen og Benyttelsen af Stoffer som Kompost, Vejafskrab, Oprensning fra Damme og Afløb, Fejeskarn, Aske fra Arnestederne, Affald fra Bygningsforetagender*) og lignende mere tilfældige Produkter, og henvende Opmærksomheden paa de i større Stil i Nutiden anvendte Gødningsmidler, som man indbefatter under Navnet Kunstgødninger.**) I Navnet ligger en Angivelse af, at disse Stoffer er tilberedt ved Kunst, eller som man nu mere bestemt vil udtrykke det ad industriel Vej. Grænsen mellem naturlige og kunstige Gødningsstoffer er dog temmelig svævende. Selv det mest „naturlige" Gødningsmiddel Staldgødning underkastes saa godt som altid før Brugen en Behandling ved Blanding med Strøelse, Lagring osv., og Staldgødning fra Byerne er en søgt Handelsvare. Fra Benyttelsen af Husdyrenes Gødning til Brug af vilde Dyrs Gødning som Guano m. m. er der kun et ringe Skridt. Skønt Guano ikke er noget industrielt Produkt, er den en typisk Handelsvare, der næppe noget Steds skaffes til Veje direkte af Forbrugeren, men altid har passeret gennem adskillige Hænder, før den naar ned i Jorden. Fra den naturlige Guano til den under Transporten til Europa af Søvand beskadigede og som Følge heraf med Svovlsyre behandlede Guano: den saakaldte opløselige Peruguano, er der ikke noget stort Spring, men herved kom man ind paa en industriel Behandling, der efterhaanden har ført til Nutidens højt udviklede Gødningsindustri, hvorved der fremstilles Stoffer, der i deres Oprindelse ikke har det mindste med Fuglegødning, Knogler eller lignende organiske Efterladenskaber at gøre men er typiske Kunstgødninger.

Det samme kan ses af en anden Udviklingsrække. Mergel er et rent Naturprodukt, der oftest graves op af selve den Landbruger, der vil bruge det, men som omtalt dog nutildags ogsaa er Genstand for

---

*) Ler fra klinede Vægge blev i ældre Tid forskellige Steder ogsaa her i Landet tillagt særlig kraftig Gødningsvirkning.

**) Denne Betegnelse er ganske vist ikke helt tilfredsstillende, men efter Forf.'s Skøn dog at foretrække for Navnet Handelsgødning, som i de senere Aar fra flere Sider med Forkærlighed synes at blive skudt frem som Betegnelse for de samme Stoffer. Hvorvidt et Stof gaar i Handelen eller ej er ikke afgørende for Stoffets Natur.

Handel mellem Producent og Forbruger. Mergel grænser i Beskaffenhed nær op til Gødningskalk, der som Regel har undergaaet en mere eller mindre gennemgribende teknisk Behandling ved Slemning, Tørring, Pulverisering osv. Mellem Gødningskalk fremstillet af naturlig Kalksten uden Mellemtrin, og Gødningskalk, der stammer fra teknisk fremkommet Affald saasom Saturationskalk fra Sukkerfabriker, Sæbesyderkalk o. lign., kan der ikke med Hensyn til Anvendelse og Sammensætning gøres stor Forskel, selv om de sidste Stoffer afgjort er Kunstprodukter, medens det førstnævnte staar paa Grænsen.

Det er ikke Hensigten her i Jordbundslæren at give nogen fuldstændig Oversigt over alle de forskellige Stoffer, som gennem Tiderne har været brugt og endnu benyttes som Kunstgødninger. I saa Henseende maa der henvises til andre Værker,[107]) og vi maa her indskrænke os til at betragte de forholdsvis faa Produkter, som i Nutiden i Danmark spiller en Rolle som Gødningsmidler i Landbruget.

Medens den praktiske Erfaring maaske i Forbindelse med faa og simple Prøvemidler sætter det arbejdende Landbrug i Stand til at skelne mellem gode og slette Varer, naar det drejer sig om almindelige Landbrugsprodukter, saasom levende eller slagtede Kreaturer, Sæd, Rodfrugter, Halm, Hø og tildels ogsaa Mejeriprodukter, er Forholdet et andet, naar det drejer sig om Forbrugsstoffer som Kunstgødning. Ved disse Varer kan man i Reglen ikke uden indgaaende kemisk Analyse gøre Forskel paa Kvaliteten; og Landmanden kan derfor være meget udsat for at blive bedraget, naar der ikke ved Handelen med Kunstgødning fra det offentliges Side skaffes særlige Beskyttelsesmidler til Veje. Foruden let Adgang til at faa Varerne analyseret er et af de vigtigste Midler af den Art, at det lovmæssigt fastslaas, at Betegnelserne for Varerne skal svare til Stoffets kemiske Beskaffenhed. Herved er det i Danmark i alt Fald lykkedes omtrent helt at udrydde de Fantasinavne for Kunstgødning, som smarte Forhandlere i tidligere Tider pyntede de ofte meget ringe Varer med. Fra Landbrugets Tillidsmænd har der tillige været en stærk Bestræbelse oppe for at udrydde eller fraraade Brugen af Blandingsgødninger, der ofte var sammenblandet af tvivlsomme Produkter og næsten altid var dyrere end Brugen af de enkelte Værdistoffer hver for sig, som de indeholdt.

De vigtigste benyttede Kunstgødninger er følgende:

I. Kvælstofgødninger. For Hovedparten af Jordarterne i Danmark afhænger Agerbrugets Udbytte for en meget væsentlig Del af Tilgangen paa Kvælstofforbindelser som Gødning. Bundet Kvælstof kan tilføres Agerbrugsplanterne paa forskellig Maade og i forskellige Former nemlig:

1. Ved forud at dyrke „kvælstofsamlende“ Planter (smlg. S. 167) og nedpløje dem som Grøngødning.
2. Som dyriske Affaldsstoffer delvis blandet med Planteaffald, Staldgødning, Fækalier, Guano, kvælstofholdigt Benmel, Blodmel, Hornmel, Uldaffald m. m.
3. Som naturligt forekommende Kvælstofforbindelser.
4. Som Kvælstofforbindelser udvundet ved tekniske Fremgangsmaader.

Jordbundens Berigelse ved at dyrke kvælstofsamlende Planter kan ikke forøges ud over en vis lav Grænse bl. a. paa Grund af Sædskiftet.



Fig. 22. Salpeterørken, Chile.
I Baggrunden et Salpeterværk (Efter *Semper & Michels*).

Af dyriske Affaldsstoffer er Staldgødningen langt den vigtigste og kun i Omegnen af Byer, hvor W. C.-Systemet ikke er gennemført, spiller de menneskelige Fækalier endnu nogen Rolle som Gødningsmiddel. Guano, kvælstofholdigt Benmel og de andre nævnte Stoffer bruges saa godt som ikke mere i Agerbruget i Danmark men vel i ringe Maalestok af og til i Gartnerierne.

Det vil derfor væsentlig være Kvælstofforbindelser af de to sidste (3—4) Oprindelser, som kan siges at være de, Landbruget maa søge hen til, naar Mængden af Staldgødning ikke slaar til, eller som man vil være henvist til, naar Landbruget gaar over til Driftsformer, hvor Kvægavlen ikke mere spiller Hovedrollen.

I Naturen forekommer kun faa organiske Kvælstofforbindelser og kun en eneste, Chilisalpeter, har Betydning som Gødningsstof, men dette ogsaa i saa høj Grad, at der for Tiden indføres for c. 4 Mill. Kr. aarligt her i Danmark alene til Agerbruget. Det vil derfor være nød-

vendigt i Korthed at sammenfatte, hvad der paa andet let tilgængeligt Sted er meddelt herom.[108]) Salpeterlejerne i Chile har en meget stor Udstrækning og angives at strække sig omtrent 1100 Km. i N-S i Provinserne *Tarapaca* og *Antofagasta*. Bredden af dette Bælte er derimod kun 2—4 Km. Fra Kysten, der er bjergrig og savner gode Havne, maa man arbejde sig op over Kystkordillernes Bjergtoppe (c. 1500 M.). Indenfor denne Bjergkæde kommer *Pampa'en* en lavere liggende Strækning (c. 1000 M. o. H.), hvori Salpeterlagene findes noget under Overfladen i et Lag, der sjeldent er mere end 30—60 Cm. tykt. Øst for Pampa'en, Saltørkenen, hvor Salpeterlejerne findes, hæver Andesbjærgene deres mægtige Toppe til over 6600 M. Højde. Saltørkenen er ganske øde og vandfattig men er nu gennemkrydset med Veje, Jernbaner og Vandledninger for Salpeterfabrikationens Skyld (Se Fig. 22). Raasalpeteren d. s. k. *Caliche* indeholder omtrent Halvdelen af sin Vægt Natriumnitrat, Resten er hovedsagelig Natriumklorid blandet med smaa Mængder af andre Salte, blandt hvilke navnlig Jodforbindelser har stor teknisk Betydning. Calichen, der altid brydes i aabne Brud, er dækket af et Lag paa 1—6 M. af værdiløse Sulfater væsentlig bestaaende af Gibs og Glaubersalt. Af Calichen udskilles Chilisalpeter ved Omkrystallisation i varmt Vand, hvorved der faas et Stof med et Indhold af c. 95 % Natriumnitrat.

Calichen er et fuldstændigt Magasin for højst forskellige Salte, der forekommer i indbyrdes vekslende Forhold. Hovedmængden af Stoffet udgøres som nævnt af Natriumnitrat og Natriumklorid, men desuden findes Kalium, Calcium, Magnium, Mangan og Jern bundet til Salpetersyre, Saltsyre, Svovlsyre, Klorsyre, Kloroversyre, Bromsyre, Jodsyre, Kromsyre, Molybdænsyre, Vanadinsyre m. m.

En Del af disse Salte gaar i smaa Mængder over i det udkrystalliserede Chilisalpeter, en Del bliver i Moderluden, og Resten bliver tilbage mellem de ved Salpeterkogningen som uopløste Stoffer tiloversblevne jordagtige Saltmasser, der bortskovles af Kogekarrene efter endt Udludning og som uhyre Affaldsdynger samles omkring Salpeterkogerierne. *Semper & Michels* har udført flere fuldstændige Analyser af det almindelige i Handelen gaaende Chilisalpeter og af de fundne Enkeltbestemmelser beregnet Sammensætningen at være*):

*) Denne Art Analyseopstillinger er selvfølgelig ret vilkaarlige, da man kan fordele Syrer og Baser mellem hinanden ganske efter Forgodtbefindende, forsaavidt man ikke i den faste Saltmasse ad mikroskopisk-optisk Vej kan kende de forskellige Salte fra hinanden.

Chilisalpeter.

Natriumnitrat	94,164 %
Kaliumnitrat	1,768 -
Natriumklorid	0,938 -
Natriumjodat	0,010 -
Kaliumperklorat	0,282 -
Magniumsulfat	0,219 -
Magniumklorid	0,289 -
Calciumsulfat	0,102 -
Uopløselige Stoffer	0,138 -
Vand	2,100 -
	100,000 %

I nogle Salpeterdistrikter indeholder Calichen betydelige Mængder Kaliumperklorat. Da dette Stof i Følge Forsøg af de bekendte tyske Agrikulturkemikere *Wagner* og *Märcker* selv i smaa Mængder optræder som en stærk Plantegift, anses et Indhold af 0,8 % Kaliumperklorat for at være den højeste tilladelige Mængde af dette Stof i Chilisalpeter, naar det skal bruges som Gødning.

Moderluden fra Chilisalpeteret indeholder de samme Stoffer som dette men i andre Forhold. I teknisk Henseende er navnlig Jodindholdet af Betydning. Beregnet som Natriumjodat er Mængden omtrent 3 Gr. pr. Liter Moderlud. Heraf fremstilles Jod paa forskellige Maader, i Reglen ved Tilsætning af en nøjagtig bestemt Mængde Natriumbisulfit.

Over Oprindelsen til Caliche og de ledsagende Saltlag har der hersket en meget stor Usikkerhed. Ser man bort fra Nitraterne og de andre stærkt iltede Salte (Perklorater, Jodater, Bromater, Kromater osv.), er det klart, at Saltene i Salpeterørknerne oprindelig maa stamme fra Havvand og for en væsentlig Del er af ganske samme Art som de Aflejringer af Ørkensalt, man træffer i Kalifornien, Arizona, Colorado, Ægypten, flere Steder i Asien osv. Skønt man ogsaa disse Steder finder Salpeter, er det dog i Forhold til de andre Salte til Stede i saa ringe Mængde, at det er uden Betydning. Det betydelige Salpeterindhold, som Calichen i Chiles Saltørkner indeholder, maa derfor utvivlsomt skyldes ganske særegne Aarsager. Flere af Forskerne, der har undersøgt Salpeterlejerne i Chile, har haft Opmærksomheden henvendt paa disse Saltørkners ejendommelige Beliggenhed med Fronten vendt mod Oceanet, hvorfra Saltene utvivlsomt oprindelig hidrører, men med Andesbjergenes vældige Bjergkæde i Ryggen. Det bliver nu i Følge de nyeste Undersøgelser mere og mere klart, at denne Bjergkæde ikke blot geografisk set spiller en Rolle som den østlige Begrænsning af Salpeter-

ørknerne, men at den ved sin tidligere stedfundne og endnu i betydelig Grad stedfindende vulkanske Virksomhed har været det Laboratorium, hvorfra det bundne Kvælstof udgik. Skønt der næppe foreligger nærmere Undersøgelser fra nyere Tid over de luftformige Eruptionsprodukter ved Andesbjergenes virksomme Vulkaner, er der ikke nogen Anledning til at antage, at disse er af anden Beskaffenhed end ved andre Vulkaner. Grunden til, at Andesbjergenes Udbrudsprodukter har frembragt Salpeter, er, at de havde en Beholder med Natronsalte ved deres Fod (nemlig Saltørkenen), som kunde optage de dannede Kvælstofilter m.m., efterhaanden som de opstod ved de vulkanske Udbrud.

Allerede for lang Tid siden har man iagttaget, at der ved vulkanske Udbrud fremkom Sublimationer af Salmiak. *Scacchi* og *Ranieri* paaviste 1853 Ammoniumforbindelser i Vesuvs Udbrudsprodukter, *Bunsen* fandt Salmiak ved Ætna og paa Island, *Palmieri* det samme Stof ved Stromboli og Vesuv; og senere er disse Iagttagelser bleven bekræftet af mange andre Forskere. Bunsen udtalte den Anskuelse, at Salmiaken skyldtes de organiske Stoffers Kvælstof, som Lavaen kom i Berøring med ved at løbe hen over Jordbunden, der indeholdt Muld eller var beklædt med Plantevækst, og man slog sig til Ro med denne Forklaring, skønt den berømte franske Geolog *Daubrée* paaviste Salmiaksublimationer ved Lavastrømme, hvor der ikke var Vegetationen forhaanden, hvorfra Kvælstoffet kunde stamme. Ved Vesuvs Udbrud i 1906 blev Spørgsmaalet paany undersøgt meget grundigt af *P. D. Quensel* (Graz), *Th. Wegener* (Münster) og *J. Stocklasa* (Prag).[100] Herved viste det sig, at skønt der vel fandtes Salmiaksublimationer i Lavastrømme, der passerede hen over muldet Underlag, eller som kom i Berøring med Træer o. lign., var der ogsaa Kvælstofforbindelser i Lava, der slet ikke havde været i Berøring med organiske Stoffer og yderligere, at selv om man pulveriserede og udvaskede Lavaen, saa at alle opløselige Salte blev bortskaffet, kunde man ved Glødning af en saadan Lava (efter Tilsætning af en ren Kulbrinte (Vaselin) og Natronkalk) uddrive som Ammoniak betydelige Mængder Kvælstof, der havde været tilstede i bundet Tilstand. I et Kilogram Lava (dels fra Lavastrømme, dels Bomber, Lapilli og Aske af forskellig Art) fandtes saaledes en Kvælstofmængde fra 130—300 Mgm. pr. Kg. Lava. Den største Mængde af Kvælstof findes ikke altid som Ammoniumsalt, men som en Forbindelse, hvoraf der først ved Glødning med Natronkalk og en Kulbrinte frigøres Ammoniak. Af godt udvasket Lava fra en Lavastrøm oven over *Annunziata* (Vesuv) kunde der ved vedvarende Glødning udvindes kendelige Mængder Salmiak. Ammoniaken, som findes i de vulkanske Exhalationer, har sin Oprindelse fra de kemiske Omsætninger, der foregaar i den glødende Lava, i hvilken man mener at have paavist Nitrider særlig Siliciumnitrid, men ogsaa Aluminium-, Jern-, Calcium- og Magniumnitrid. Ved Smeltning med Alkalier kan der af Nitriderne dannes Ammoniak. Man mener ogsaa, at der i Lavaen findes Haloidforbindelser af Metalloiderne særlig $SiCl_4$, og herfra stammer den store Mængde Saltsyre, der ofte optræder ved vulkanske Udbrud. Af Ammoniaken opstaar der let ved Iltning af den ene eller anden Vej Salpetersyre (Smlg. S. 89, 148), der under almindelige Forhold forsvinder og udvaskes, men under de særlige Forhold i Saltørknerne ved Andesbjergenes Fod blev bundet af de der tilstedeværende Natronsalte.

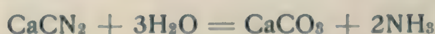
Kvælstofgødninger udvundet ved tekniske Fremgangsmaader. Medens Chilisalpeter forekommer i Naturen men ganske vist maa renses ved Omkrystallisation for at blive anvendeligt i Agerbrugets Tjeneste, findes det andet vigtige i lang Tid kendte Gødningsemne Ammoniumsulfatet ikke tilstede som Ammoniumforbindelse i de Stoffer, hvoraf det fremstilles, selv om Kvælstoffet er i bunden Form. De tvende ny Kvælstofgødninger Calciumnitrat og Calciumcyanamid indeholder derimod Kvælstof, som ad ren kunstig Vej er bragt i bunden Form.

Ammoniumsulfat benyttes for Tiden saa godt som slet ikke i Agerbruget i Danmark, endog de 14—1500 Tons, som produceres ved de danske Gasværker, udføres. Derimod har Saltet stor Anvendelse i Udlandet. Kvælstoffet stammer fra organisk bundet Kvælstof, der ved Ophedning er omdannet til Ammoniak. Stenkul, Kulskifer og andre bituminøse Skifere indeholder fra 0,2—2,0 % Kvælstof i organisk bundet Form stammende fra de Organismers Æggehvidestoffer, der har givet Anledning til Dannelsen af vedkommende Stof. Til Fremstilling af Gas, eller til Fabrikation af Cinders til metallurgisk Brug, eller til Fremstilling af „Skiferolje“ opvarmes Kullene eller Skiferen i Retorter eller særegne Ovne til en høj Temperatur, og Kvælstoffet gaar herved tildels over i Gasvandet som Ammoniak. Men kun 1/9—1/6 af Kvælstofmængden i paagældende Stof udvindes som Ammoniak, Resten gaar bort som frit Kvælstof, omdannes til flygtige Cyanforbindelser, eller bliver tilbage i Cinderserne. Heraf vindes dog igen en Del Ammoniak, hvis Cinders bruges til Jernudsmeltning i Højovnene, da man kan vinde Ammoniak af „Giktgassen“. Af Gasvandet afdestilleres Ammoniaken efter Tilsætning af Kalk, opsamles i Svovlsyre og vindes ved Inddampning som et fast i Reglen (af Urenheder) lidt grønligt farvet Salt; Ammoniumsulfat eller svovlsur Ammoniak. Ialt udvindes i Europa vistnok omtrent 3/4 Million Tons Ammoniumsulfat aarlig. Det rene Salt indeholder 25,75 % Ammoniak (NH_3) altsaa 21,21 % Kvælstof. Handelsvaren indeholder i Gennemsnit efter en Del Analyser c. 20 % N og er altsaa trods sin grønlige Farve et temmelig rent Produkt. Det maa paases, at Stoffet ikke indeholder Rhodanforbindelser, da disse er stærke Plantegifte og i Reglen dannes ved Gasfabrikationen.

Calciumnitrat gaar i den nyeste Tid i Handelen i Gødningsøjemed som vandholdigt og basisk Salt med 9—11 % Kvælstof under Navnet Norgesalpeter. Salpetersyren fremstilles af Kvælstofilter, der dannes ved at lade elektriske Udladninger paavirke atmosfærisk Luft i særegne Ovne efter den af Nordmændene *Birkeland & Eyde* opfundne Fremgangsmaade. Salpetersyren mættes med Kalk, og Opløsningen af

Calciumnitrat inddampes til Krystallisation eller Tørhed. For at gøre Stoffet mindre vandsugende, tilsættes Overskud af Kalk, hvorved der opstaar et basisk Salt.

Calciumcyanamid har Sammensætningen $CaCN_2$ og vil altsaa i ren Tilstand indeholde 35 % N, men Handelsvaren indeholder Overskud af Kalk og Kul, og Kvælstofindholdet er i Reglen c. 20 %. Det kan bruges til Gødning, da Fugtigheden i Jordbunden spalter Stoffet gennem forskellige Mellemtrin til Calciumkarbonat og Ammoniak



$$CaCN_2 + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3$$

Heraf opstaar, som tidligere omtalt, let Calciumnitrat ved Iltning (Salpeterdannelse, se S. 89):



$$CaCO_3 + 2NH_3 + 8O = Ca(NO_3)_2 + CO_2 + 3H_2O$$

Calciumcyanamid dannes af Calciumkarbid ved Opvarmning i Luft paa forskellige Maader (efter forskellige Patenter). Carbidet dannes af Kalksten og Kul ved Glødning i en elektrisk Ovn. Calciumcyanamid gaar i Gødningsøjemed i Handelen som et finmalet sortegraat Pulver. Stoffet bliver ved Henliggen under mindre gunstige Lagringsforhold kvælstoffattigere og kan afgive giftige Luftarter, men er iøvrigt en god Kvælstofgødning.

Anvendelsesmaaden for de nævnte Kvælstofgødninger er paa Forhaand givet gennem Beskrivelsen af deres kemiske Beskaffenhed og kan derfor behandles i al Korthed:

Chilisalpeter } Norgesalpeter } har samme Virkninger beregnet paa samme Kvælstofmængde. Da det er let opløselige Salte, som umiddelbart kan optages af Planterne, men ikke hører til de Stoffer, der absorberes af Jordbunden, anvendes de bedst paa den voksende Afgrøde og i ikke for store Mængder ad Gangen for ikke at miste for meget ved Udvaskning. De kan godt udstrøes ovenpaa Jorden.

Ammoniumsulfat er let opløselig og kan anvendes som Overgødskning. Efter nogle Forsøg synes det, som om der ved dets Omdannelse i Jordbunden som Regel gik noget Kvælstof tabt navnlig i koldt og fugtigt Vejrlig, medens varmt Vejrlig og varm Jordbund begunstiger Ammoniakkvælstoffets Virkning, saa at der endog synes at fremkomme kvælstofrigere Afgrøder end ved tilsvarende Mængder Chilisalpeter. Da Ammoniumforbindelsen absorberes af Jordbunden, kan Saltet godt nedbringes sammen med Sæden, men kan ogsaa bruges til den voksende Afgrøde.

Calciumcyanamid skal som nævnt i Jordbunden undergaa gennemgribende Omdannelser, førend det bliver til Plantenæring. Det maa

derfor nødvendigvis nedbringes i Jordbunden tilstrækkelig lang Tid, førend Planterne faar Brug for det.

II. Kaligødninger. De eneste hidtil tilgængelige Kilder for Kaligødning til Anvendelse i det danske Landbrug er de fra Tyskland importerede Kalisalte. I 1908 indførtes 18,5 Millioner Kg. til en Værdi af c. 1/2 Million Kr. De benyttede Kaligødninger er næsten udelukkende Kainit med c. 12 % Kali (K_2O) og højprocentig Kaligødning med 37—40 % Kali (K_2O). Analyser af almindelige Handelsvarer viste følgende Sammensætning:

		Kainit	37 % Kaligødning
K_2O	=	13,76 %	37,46 %
Na_2O	=	26,24 -	11,74 -
CaO	=	0,75 -	0,10 -
MgO	=	4,97 -	3,60 -
SO_3	=	13,35 -	5,00 -
Cl	=	41,05 -	43,25 -
H_2O	=	8,00 -	6,52 -
Uopløst Rest	=	0,25 -	0,61 -
Ialt	=	108,37 %	108,28 %
÷ O æqvCl	=	9,26 -	9,76 -
	=	99,11 %*)	98,87 %*)
Ved Behandling med 96 % Alkohol opl. $MgCl_2$ svarende til Cl	=	2,78 %	3,82 %

Det er af Vigtighed, at den anvendte Kaligødning ikke indeholder for meget Magniumklorid, hvilket prøves ved at udtrække Stoffet med Vinaand (96 %) og bestemme den i Opløsning gaaende Mængde. Salte eller Saltblandinger af Kainitgruppen maa herved ikke give mere end 6 % „i Vinaand opløselig Klor".**) Salte af Carnallitgruppen giver mere, ofte op til 20 % „i Vinaand opløselig Klor". Magniumklorid i større Mængde er Plantegift og skadelig for Sædens Spiring.

Kalisaltene forekommer sammen med Magnesiasalte som underordnede Lag i de vældige Saltmasser, som i Begyndelsen af Triastiden blev afsat i et Havbækken „Magdeburgerbækkenet" i Tyskland. De opdagedes i 1839 ved Stassfurth (preussisk Sachsen) og bærer derfor almindeligvis Navnet Stassfurthersalte. Kalisaltene repræsenterer den sidste Inddampningsrest af Moderluden efter Stensaltets Udkrystallisation

*) Mængden af opløst $Fe_2O_3 + Al_2O_3$ er ikke blevet bestemt.

**) Hermed menes Klorider opløselige i Vinaand, hvis Klorindhold beregnet i Procent af hele den i Arbejde tagne Saltmængde ikke maa overstige 6 %.

af Havvandet. De vindes altid ved underjordisk Grubedrift (Se Fig. 23). Brydningen og Fabrikationen beskæftiger mange Tusinde Arbejdere i Tyskland. Da Kali hører til de Stoffer, der i særlig Grad tilbageholdes af Jordbunden, og Kaligødningen, som den bruges i Danmark, altid indeholder en Del Klorider, der kan virke skadeligt paa Sædens Spiring, bør Kaligødning altid udspredes en Tid førend Planterne faar Brug for den, saa at de skadelige Salte kan udvaskes. For de kalifattige Hedejorder og Mosejorder viser Kaligødning sig at have en udmærket Virk-



Fig. 23. Brydning af Kalisalte i Gruberne i Stassfurth.
(Efter Fotografi.)

ning, men for Lerjorder her i Danmark er Kaligødning den Kunstgødning som hidtil har givet de mest svingende Resultater i økonomisk Henseende efter de foreliggende Forsøg. Grunden hertil kan være af forskellig Art og er næppe altid den, at Jorden indeholder tilstrækkelige Mængder opløselige Kalisalte til Planternes Forbrug.

III. Fosforsyregødninger. Her i Landet bruges næsten udelukkende Superfosfat [med c. 18 % „vandopløselig“ Fosforsyre (P_2O_5)] og Thomasmel [med 12—14 % „citronsyreopløselig“ Fosforsyre (P_2O_5)] samt lidt Benmel [med 30 % P_2O_5]. Værdien af de anvendte Fosforsyregødninger kan vistnok anslaas til 7 Mill. Kr. aarligt. Superfosfat dels indføres i færdig Tilstand, dels fabrikeres af indførte Raastoffer paa flere Steder her i Landet. Thomasmel indføres altid. Til Fabrikation af Superfosfat benyttedes tidligere Apatit men nu hovedsagelig Fosforit, der blandt andre Steder findes i udstrakte Lejer i de forenede Stater i N. Amerika. Efter den amerikanske Regerings Under-

søgelser (Febr. 1909) optager Fosfatlagene i Florida en Strækning af 7000 engelske Kvadratmile, i Sydkarolina c. 2000 engl. Kvdrml. og i Tennessee c. 4000 engl. Kvdrml. Desuden er der i den nyeste Tid i Idaho, Utah og Wyoming fundet Lag, der menes at dække ikke mindre end 7500 engl. Kvdrml., altsaa ialt c. 53 000 Km^2. Trods disse store Forraad paatænker den amerikanske Regering at træffe Foranstaltninger til at begrænse Udførslen af Fosfater, for at Landets eget Agerbrug ikke skal komme tilkort. Fosforsyren i Thomasmel stammer fra Apatiten, der i smaa Mængder ledsager Jernmalmen, hvoraf Jernet efter at være udsmeltet i Højovne omdannes til „Thomasjern" i særegne Ovne med „basisk Foder". Baade Superfosfat og Thomasmel er rent tekniske Produkter, hvis Fremstilling findes nærmere beskrevet i den tekniske Kemi. Benmel er Knogler af Pattedyr, der er affedtet og berøvet Størstedelen af Limstoffet, saa at deres Kvælstofindhold ikke er stort over $\frac{1}{2}$ %. Paa næsten alle Jorder her i Danmark viser det sig økonomisk fordelagtigt at anvende Fosforsyregødning. Hvilken Art, der bedst kan bruges, afhænger dels af den forlangte Pris for Varen i Forhold til dens Fosforsyreindhold og tillige af Jordbundsbeskaffenheden. Paa sure Jorder — Hedejord og Mosejord — vil det i Almindelighed være fordelagtigst at anvende de mindre let opløselige Stoffer Thomasmel eller Benmel maaske endog fint pulveriseret Raafosfat, saaledes som det bruges flere Steder i Udlandet.

Det nærmere om de forskellige Kunstgødningers Anvendelse ved Dyrkningen af de forskellige Kulturplanter, om Mængdeforholdet, hvori de bedst kan anvendes osv., maa søges i *Agerdyrkningslæren* og *Gødningslæren*. I disse Discipliner maa ogsaa søges Beskrivelsen af Planen for og Udførelsen af de *lokale Markforsøg*, ved hvilke man søger at erfare Virkningen af et eller flere Stoffer overfor visse Kulturplanter paa visse bestemte Jorder, saa at der derved kan gives paagældende Landbruger en bestemt Anvisning til saadanne Stoffers Anvendelse og Oplysning om Rentabiliteten ved at anvende visse Stofmængder. Om de ved saadanne Forsøg rundt om i Danmark vundne Resultater finder der paa forskellige Steder meget omfangsrige Beretninger, hvortil der maa henvises.[110])

Plantegift. Snart sagt et hvilketsomhelst opløseligt Salt kan optræde som Giftstof overfor groende Planter, naar det er tilstede i tilstrækkelig stor Mængde i Jordvandet, men de forskellige Planter er i ulige Grad følsomme overfor de Saltopløsninger, som de almindelige Forhold træffer i Naturen. Det viser sig blandt andet ved den forskellig-

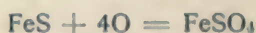
artede Bevoksning af vilde Planter, der indfinder sig paa en Jordbund, eftersom der er Overskud eller Mangel paa et eller andet Stof i Jordbunden. Undersøgelser af Ukrudtets Art paa en Mark kan derfor give ret paalidelige Oplysninger om Jordbundens Beskaffenhed.[111]) Jordbund, som tilsyneladende ikke adskiller sig meget fra anden Jord, der er gunstig for Plantevæksten, kan under visse Forhold komme til at blive saa ugunstig, at man kan tale om, at der i den findes Gift for Planterne. Dette kan bero paa forskellige Forhold. Der kan være:

I. Virkelige Giftstoffer.
II. Mangel paa plantenærende Stoffer.
III. Mangel paa Luft i Jordbunden.
IV. For meget Vand i Jordbunden.

Disse Forhold hænger imidlertid meget nøje sammen, saaledes at Jordbunden i de fleste Tilfælde (dog ikke i alle), naar der er Luft (Ilt) nok i Jorden og samtidig en passende Fugtighedsgrad, vil kunne befri sig selv for de i Jordbunden under ugunstige Omstændigheder opstaaede eller ad anden Vej tilførte Giftstoffer. Bearbejdning og Udluftning er derfor et af de bedste Midler til at holde en Jordbund „sund“.

I. Giftstoffer. Fra Hytteanlæg, hvor der sker Metaludvinding, kan der fremkomme Produkter, der ved Luftstrømningerne spredes rundt om og kan gøre Skade paa Plantevæksten. Det er særlig Svovlsyrling, der her kan være Tale om, da dette Stof fremkommer ved Ristning af forskellige svovlholdige Malme men ogsaa ved Forbrænding af daarlige svovlkisholdige Stenkul i Teglværker og lignende industrielle Anlæg.[112]) Fra Fabriker, hvor der fremstilles Soda efter Leblanc's Metode, kan der af Udludningsresterne ved Henliggen udvikles Svovlbrinte, der kan virke uheldigt paa Plantevæksten i Omegnen. Ligeledes kan Belysningsgas og andre Kulbrinter, der gennem utætte Ledninger kommer ud i Jordbunden, virke meget giftigt baade paa Planter og Dyr. Stærkt røggivende Skorstene kan ved Udsendelsen af Sod og fintfordelt Tjære ødelægge de voksende Planter maaske nærmest ved at tilstoppe Bladenes Spalteaabninger.

I selve Jordbunden kan af Sulfater ved Reduktionsvirkninger (navnlig af Gibs) opstaa Sulfider dels Calciumsulfid, dels Ferrosulfid (Svovljern) og Svovlkis FeS_2. Heraf kan ved Paavirkning af Vand og Kulsyre dannes Svovlbrinte, der, som nævnt, er giftig, og ved Iltning af Svovljern og Svovlkis Jernvitriol og fri Svovlsyre



$$FeS + 4O = FeSO_4$$



$$FeS_2 + H_2O + 7O = FeSO_4 + H_2SO_4$$

Jernvitriol i Jordbunden er en stærk Plantegift. I Opløsning virker Jernvitriol, naar den sprøjtes ud over Planternes overjordiske Dele, særlig ødelæggende paa de bredbladede Planter, medens Græsser og Kornsorterne bedre kan taale det. Jernvitrioloversprøjtninger anvendes derfor i udstrakt Maalestok til Udryddelse af Agerkaal o. lign. Svovljern, Svovlkis og Jernvitriol i Jordbunden omdannes dog let ved yderligere Iltning til basisk Ferrisulfat, der er uopløseligt i Vand og ganske uskadeligt vel endog gavnligt.

Natriumklorid i større Mængder virker skadelig paa de fleste Kulturplanter, men Planterne er i meget ulige Grad følsomme overfor et Saltindhold i Jordbunden (saltyndende, saltsky Planter). I mindre Mængder kan Natriumklorid ligesom Gibs virke som en indirekte Kaligødning (Smlg. S. 199). — Om de Undersøgelser, der i den nyeste Tid er foretaget for at paavise de i Jordbunden ved selve Plantevæksten opstaaede Giftstoffer, som man antager afsondres af Rødderne, er der allerede tidligere givet Meddelelse.

Mange Planter taaler daarligt at vokse i humussur Jordbund, saa at Humussyre ogsaa kan betragtes som Plantegift under visse Forhold (Smlg. S. 96). Opdyngning af sure Humusstoffer paa Jordoverfladen og i Overgrunden findes som omtalt navnlig et Sted ved de under III—IV nævnte Betingelser, naar Jordbundens Ventilation er uheldig, eller der findes saa stor en Vandmængde, at Luften helt eller delvis udelukkes.

Jordbundslæren har en meget væsentlig Støtte i den mikroskopisk-petrografiske og i den kemiske Jordbundsundersøgelse. Er der ved en kemisk Jordbundsanalyse naaet et Talresultat af en eller anden Art, maa der for at tolke dette Resultat hos Betragteren være en fuldstændig kemisk Forstaaelse af, hvad der er foregaaet ved de Operationer, der har frembragt Resultatet. Dette kan ikke noksom fremhæves, da der netop ved Jordbundsanalysernes Tolkning ofte er syndet herimod, hvorfor Jordbundsanalyser i lang Tid har været i Miskredit. Selve Fremgangsmaaderne ved Jordbundsanalyse kræver ikke blot en teoretisk Fremstilling, men maa støttes paa et ved Laboratorieøvelser erhvervet Kendskab til de mangfoldige praktiske Haandgreb og til en kritisk Vurdering af de forskellige Metoder, der i de givne Tilfælde bør vælges for at naa et paalideligt Resultat. Jordbundsanalyse danner et særegent og vigtigt Afsnit af Agrikulturkemiens omfattende Videnskab, som der derfor maa henvises til.

HENVISNINGER OG ANMÆRKNINGER

S. 3: [1]) *A. Jariloff:* „Dr. Alb. Fallou, fondateur de la pedologie" i Tidsskriftet „La pedologie" 1904, S. 125. Citatet efter *E. Henry:* „Les sols forestiers", Paris 1908, S. 9.

Smlg. *K. O. Bjørlykke:* Pedologiens Maal og Midler i Tidsskrift f. det norske Landbrug 1907, 6. Hefte.

— 3: [2]) *F. A. Fallou:* „Pedologie oder allgemeine und besondere Bodenkunde" Dresden 1862, 488 S. Det anførte Stykke findes i den forkortede Udgave „Anfangsgründe d. Bodenkunde", 2. Udg. Dresden 1865, S. IV.

— 4: [3]) *K. R.* „Jordbundsundersøgelser og agronomiske Kaart i andre Lande og i Danmark", Tidsskrift for Landøkonomi 1907, S. 608 o. flg.

— 10: [4]) *H. F. Brown & F. Escombe* i „Proc. of the Royal Society", Bd. 76, London 1905.

I. Reiset: „Recherches sur la proportion de l'acide carbonique dans l'air" Compt. rendues, T. LXXXVI 1879, I S. 1007.

— 13: [5]) *C. Ambt, F. Johnstrup & Chr. Steenbuch:* „Nogle Undersøgelser af Grundluften, Grundvandet og Jordbunden i København og Frederiksberg", Kbhvn. 1888, S. 9.

— 14: [6]) *Boussingault & Lewy:* „Memoire sur la composition de l'air confiné dans la terre végétale" Ann. de Chimie et de Physique, 5. Ser. T. XXXVII, Paris 1853. Ogsaa udkommet som Særtryk.

— 17: [7]) *Edgar Buckingham:* „Contributions to our knowledge of the aeration of soils". Bureau of soils. Bulletin Nr. 25, U.S. Department of Agriculture, Washington 1904.

— 24: [8]) *Edgar Buckingham:* „Studies on the movement of soil moisture". Bureau of soils. Bulletin Nr. 38, U. S. Department of Agriculture, Washington 1907.

— 27: [9]) *Milton Whitney:* „Soil fertility". Farmers' Bulletin Nr. 257, U.S. Department of Agriculture, Washington 1906, S. 28.

— 28: [10]) *T. Westermann:* „Om Maal og Midler ved Udnyttelsen af vore Agre, Enge og Moser". Foredrag holdt ved Fællesforen. af jyske Landboforeningers Delegeretmøde i Aarhus d. 18. Okt. 1898, S. 3.

— 28: [11]) *T. Westermann:* „Undersøgelser over Kulturjords Forhold overfor Vand og Bearbejdningens Indflydelse herpaa", Tidsskrift f. Landbrugets Planteavl, 16. Bd. 1. Hæfte, Kbhvn. 1909.

S. 34: [12]) *Lymann J. Briggs & John W. Mc. Lane:* „The moisture equivalents of soils". Bureau of soils. Bulletin Nr. 45, U.S. Department of Agriculture, Washington 1907.

— 37: [13]) *R. Heinrich:* „Grundlagen zur Beurteilung d. Ackerkrumme", Wismar 1882, S. 218 o. flg.

— 38: [14]) Om Jordarternes vandførende Evne se:

A. Colding: „Resultaterne af nogle Undersøgelser over Grundvandets Bevægelse i Jorden", Tidsskrift for Landøkonomi, 6. Bd., Kbhvn. 1872, S. 73 o. flg.

V. Milthers: D. G. U. III R Nr. 4, Kbhvn. 1903, S. 13—15.

T. Westermann i det under [11]) anførte Arbejde.

— 40: [15]) *Frank. K. Cameron:* „Soils solutions". Division of soils. Bulletin Nr. 17, U.S. Departement of Agriculture, Washington 1907.

F. H. King: „Investigations in soil management". Bureau of soils. Bulletin Nr. 26, U.S. Departement of Agriculture, Washington 1905.

Frank. K. Cameron & James M. Bell: „The action of water and aqueous solutions upon soil carbonates". Bureau of soils. Bulletin Nr. 49, U.S. Departement of Agriculture, Washington 1907.

— 40: [16]) *J. G. Forchhammer* i Kgl. d. V. S. Skrifter Naturv. Af. 5 R. II, Kbhvn. 1850, S. 91—119.

J. G. Forchhammer i do. Oversigter 1850, S. 1—3.

— i do. — 1864, S. 93—96.

— 40: [17]) Rothamsted Undersøgelserne er udførligt refereret af *C. F. A. Tuxen* i „Tidsskrift f. Landøkonomi" 5 R, 2. Bd., Kbhvn. 1883, S. 366 o. flg. T.'s Referat er delvis benyttet til den givne Fremstilling.

— 41: [18]) *J. Hanamann:* „Lysimeterversuche des Jahres 1899". Zeitschrift f. d. landwirtsch. Versuchsw. i. Öesterreich" 1901, 4. 34. Anført efter Jahresbericht d. Agrikultur-Chemie, III Folge, 3. Bd, 1900, Berlin 1901, S. 31.

— 45: [19]) D. G. U. II R. Nr. 3, Kbhvn. 1894.

— 49: [20]) *N. V. Ussing & V. Madsen:* D. G. U. I R. Nr. 2, Kbhvn. 1897, S. 77.

— 51: [21]) *A. Jessen:* D. G. U. I R, Nr. 2, Kbhvn. 1899, S. 161 o. flg.

— 53: [22]) *A. Jessen:* D. G. U. I R, Nr. 10, Kbhvn. 1905, S. 16: „Paa Øland (i Limfjorden) findes der et 1400 M. langt Kridtareal, der ligger saa tæt ved Overfladen, at det bløde Kridt vendes op ved Pløjningen." S. 19: „Ved Vanggaarde (ved Limfjorden Syd for Skræm Station) indtager Kridtet et endnu større Areal nede paa de lave Strandenge kun 0—2 M. o. H. Da Kridtet naar helt frem i Dagen, gør de nypløjede, kridhvide Marker et ejendommeligt Indtryk." (Fremh. af K. R.)

— 54: [23]) D. G. U. II R. Nr. 3, Kbhvn. 1894, S. 26 o. flg.

— 55: [24]) Om „Mosekalk", „Sneglemergel" og „Kærmergel" se D. G. U. I R. Nr. 1, Kbhvn. 1893, S. 84 o. flg.

— 55: [25]) *E. Rostrup:* Gammelmose: „Beskrivelse af en Staten tilhørende Tørvemose i Vangede". Botanisk Tidsskrift 27. Bd. 3. Hft. Kbhvn. 1906. Den kemiske Undersøgelses Resultater findes S. 344—347.

— 57: [26]) *Th. Thomsen:* „Om Kanalanlæg ved Gudenaaen". Den tekniske Forenings Tidsskrift 28. Aarg., Kbhvn. 1905, S. 286—296.

— 58: [27]) *Hans Kiær:* „Et Bidrag til Oplysning om den forsvundne Skov i Vendsyssel". Vid. Medd. fra d. naturhistoriske Forening i København. 1897, S. 149—166.

S. 58: [28]) *Troels Lund:* „Dagligt Liv i Norden“ (Folkeudgave) I Bog, Kbhvn. 1903, S. 18 og S. 25.

— 60: [29]) *Ernest Thompson Seton:* „The master plowman of the West“, a study of pocket-gophers, based on personal investigations in California, Arizona, New-Mexiko, Colorado, Idaho, Montana, Wyoming, the Dakotas, Manitoba and British-Columbia. „The Century“, New York, June 1904.

— 62: [30]) *Samuel W. Baker:* „Eight Years in Ceylon“, London 1880, S. 53 o. flg.

— 62: [31]) *Ch. Darwin:* „On the formation of mould“. Transactions of the geological society of London“, 2. Ser. Vol. V. Part. III, London 1840, S. 505—511.

— 62: [32]) *Ch. Darwin:* „The formation of vegetable mould through the action of worms with observations on their habits“. London 1881.

— 65: [33]) Det vigtigste Indhold af den under [32]) anførte Afhandling blev kort Tid efter den udkom gengivet paa Dansk af *C. F. Tuxen* i en Artikel „Regnormenes Virksomhed ved Mulddannelsen“ i Tidsskrift for Landøkonomi, Kbhvn 1882. Tuxen's Artikel fremtræder tildels som en Oversættelse af Stykker af Darwins Værk og er for en Del benyttet i den S. 65 anførte Fremstilling.

— 68: [34]) *V. Hensen:* „Die Thätigkeit des Regenwurms für die Fruchtbarkeit des Erdbodens“, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, 28. Bd., Leipzig 1877, S. 354—364,

— 69: [35]) *P. E. Müller:* „Nogle Undersøgelser af Skovjord“, Tidsskrift for Landøkonomi, 1878.
P. E. Müller: „Studier over Skovjord“. I. Om Bøgemuld og Bøgemor paa Sand og Ler, Tidsskrift for Skovbrug III, 1878. — II. Om Muld og Mor og Egeskove og paa Heder, smstds. VII Bd., 1884.
P. E. Müller: „Nogle Træk af Skovens Naturhistorie“, Det Letterstedtske Tidsskrift, Stockholm 1879.
P. E. Müller: „Om Regnormenes Forhold til Rhizomplanterne“, Kgl. d. Videnskab. Selskabs Oversigter 1894.
Desuden flere Afhandlinger af samme Forf. paa Fransk og Tysk.

— 69: [36]) Smlg. *L. A. Hauch & A. Oppermann:* „Haandbog i Skovbrug“, Kbhvn. 1902, S. 19—22.

— 70: [37]) *Wollny:* „Die Zersetzung d. org. Stoffe“, Heidelberg 1897, S. 41.

— 73: [38]) *J. G. Forchhammer:* Annalyser af fossile Harpixarter (1839), Kgl. d. Vid. Selsk. naturv. math. Afh. VIII S. LXXXIX—XCIII.
J. G. Forchhammer: „Om de Forandringer som Terpentinoljen eller en dermed beslægtet Forbindelse har lidt i vore Tørvemoser“. Skand. Naturforskermøde 1840, S. 256—64.

— 73: [39]) *O. Schreiner & E. C. Shorey:* Am. Chem. Soc. 31, S. 116. Washington 1909 (Særtryk).

— 75: [40]) *E. J. Michelet:* „Bidrag til Kendskaben om Muldens Sammensætning“. Archiv for Mathematik og Naturvidenskab Bd. XXVII, Kristiania 1906 (Særtryk).

— 76: [41]) *Alex. Müller:* „Fossiles Holz“. Die landwirtsch. Versuchsstationen, Bd. XXXVI, Berlin 1889, S. 263—265.

— 77: [42]) *F. Hoppe-Seyler:* „Über Huminsubstanzen, ihre Entstehung und ihre Eigenschaften“. Zeitschrift f. physiol. Chemie, Bd. XIII, Strassbourg 1889, S. 66.

S. 78: [43]) *J. J. Berzelius:* „Lehrbuch d. Chemie", übersetzt v. *F. Woehler*, 4. Aufl. 8. Bd., Leipzig 1839, S. 397—409. Analyserne angives at være af *Hermann*.

— 79: [44]) Spørgsmaalet om Humusstoffernes Lighedspunkter i den kolloidale Tilstand og Forskelligheder i anden Henseende er meget grundigt behandlet i: *A. Baumann:* „Untersuchungen über die Humussaüren". Mitteilungen d. K. Bayr. Moorkulturanstalt, Heft. 3, Stuttgart 1909, S. 91 o. flg.

— 79: [45]) Efter *S. M. Jørgensen:* „Lærebog i organisk Kemi", 2. Udg., Kbhvn. 1906, S. 580 o. flg. Heri ogsaa Litteraturangivelser om de berørte Spørgsmaal.

— 80: [46]) *A. Dojarenko:* „Der Stickstoff des Humus". Die landwirtsch. Versuchsstationen, Bd. LVI, Berlin 1902, S. 311—320. Forfatterens Betegnelser er ikke i Overensstemmelse med den almindelige kemiske Sprogbrug m. H. t. Aminer og Amider.

— 83: [47]) *Wo. Ostwald:* „Grundriss d. Kolloidchemie", Dresden 1909, S. 69 o. flg.

— 83: [48]) Enzymernes katalytiske Virkning er allerede 1843 omtalt udførlig af Hollænderen *G. J. Mulder*. Jfr. den tyske Oversættelse af hans Værk „Allgemeine physiolog. Chemie", Braunschweig 1844, S. 28 o. flg. Efter moderne Synspunkter i *Ludwig Jost:* „Vorl. über Pflanzenphysiologie", 2. Aufl., Jena 1908, S. 174 o. flg.

— 83: [49]) Den [45]) anførte Lærebog S. 314.

— 85: [50]) *Orla Jensen:* „Die Hauptlinien d. naturlichen Bakteriensystems nebst einer Übersicht d. Gärungsphänomene". Centralbl. f. Bakteriologie, XXII B., Jena 1909, Nr. 11—13.

— 87: [51]) *A. Mayer:* „Die Gärungschemie", neubearbeitet von *Jakob Meizenheimer*. 6. Aufl., Heidelberg 1906, S. 240.

— 89: [52]) *Wilhelm Ostwald:* „Fremgangsmaade til Iltning af Ammoniak til Salpetersyre og andre af Kvælstoffets Ilter". Kgl. dansk Patent Nr. 5517, 23. Marts 1903.

— 89: [53]) *J. G. Forchhammer:* „Lærebog i Stoffernes almindelige Chemi", Kbhvn. 1842, S. 440.

— 90: [54]) *Th. Schloesing & A. Müntz:* „Sur la nitrification par les ferments organisés". Comptes rendus hebdomaires des séances de l'academie des sciences. Tome 84, Paris 1877, S. 301 o. flg.

Smstds. Tome 86, 1878, S. 892 o. flg.

— — 89, 1879, S. 891 og 1074.

— 91: [55]) *E. Warming:* „Den systematiske Botanik", 3. Udg., Kbhvn. 1891, S. 66 o. flg.

— 98: [56]) *Poul Ehrenberg:* „Die Bewegung des Ammoniakstickstoffes in der Natur". Mitteilungen d. landwirtsch. Inst. d. kgl. Universität, Breslau 1907, 4, S. 1 o. flg.

— 100: [57]) Om Marskdannelse se navnlig:

J. G. Forchhammer: „Strandens Dannelse paa Vestsiden af den jyske Halvø". Dansk Folkeblad, VIII Aarg., Kbhvn. 1842.

J. G. Forchhammer: „Om Marsk, Dynd og Tørv". Foredrag i d. kgl. d. Landhusholdningsselskab, Januar 1865.

Begge Afhandlinger er optrykt i *J. F. Johnstrups* Udgave af „Almenfattelige Afhandlinger og Foredrag" af *J. G. Forchhammer*, Kbhvn.

1869. Heri findes ogsaa Fortegnelsen over andre Skrifter, hvori F. har omtalt Marskdsnnelsen.

E. R. Grove: „Naturen paa Slesvigs Vestkyst". Tidsskrift f. populære Fremst. af Naturv., Kbhvn. 1857.

A. Reventlow: „Om Marskdannelsen paa Vestkysten af Slesvig og om Midlerne til dens Fremme". Kbhvn. 1863.

E. Warming: „Fra Vesterhavskystens Marskegne". Vid. Medd. f. d. naturh. Foren. i Kbhvn. for 1890, Kbhvn. 1891, S. 206 o. fl.

E. Warming: „Bidrag til Vadernes, Sandenes og Marskens Naturhistorie". Kgl. d. Vid. Selsk. Skrifter, 7. R., Naturv.-math. Afh. II. 1. Kbhvn. 1904. Heri en Mængde yderligere Litteraturangivelser.

E. Warming: „Dansk Plantevækst", Strandvegetationen. København 1906.

A. Mentz: „Marsken ved Ribe". Hedeselsk. Tidsskr. 1906.

Kr. Thomsen: „Om Marsken ved Ribe". Hedeselsk. Tidsskr. 1907.

S. 105: [58]) *S. H. A. Rambusch:* „Studier over Ringkjøbing Fjord". Under Medvirkning af *N. Hartz, Th. Mortensen, A. Mentz,* Kbhvn. 1900.

— 105: [59]) *C. Wesenberg-Lund:* i den under [57]) anf. Afh. af *E. Warming* fra 1904.

— 112: [60]) *I. Mischtchersky:* „Journ. d. russ. phys. chem. Gesellschaft", 1883. Efter „Jahresb. d. Agrikulturchemie", 1883, S. 13.

— 114: [61]) *H. Stremme:* „Über Kaolinbildung". Zeitschrift für praktische Geologie, 16. Jahrg., Berlin 1908, S. 122—129. Smstds. 1908, S. 353.

— 116: [62]) Paa Dansk findes en historisk Fremstilling ledsaget af mange oplysende Bemærkninger i:

R. Pedersen: „Forelæsninger over Plantefysiologi", I. Planternes Næringsstoffer. Historisk Indledning, Kbhvn. 1883.

Efter Forfatterens Mening gaas der dog i ovennævnte fortjentsfulde Værk noget for stærkt og næppe helt retfærdigt frem mod de gamle Forskere. Saaledes kan fx. *Aristoteles'* Anskuelser om Jord som Plantenæring og *J. B. v. Helmont's* paa gode Forsøg støttede Teori om Vandets Betydning i samme Henseende næppe siges at være fejlagtige efter de datidige Erfaringer. Og skønt det udsiges om *Justus v. Liebig:* „At der næppe er nogen, som i dette Aarhundrede har haft større Indflydelse paa Læren om Planternes Ernæring", drages der dog meget skarpt frem mod de midlertidige Standpunkter, Liebig indtog under sit kæmpemæssige Arbejdes Gang. Iøvrigt er *R. Pedersen's* Værk blevet benyttet af mange, der ikke altid har nævnet deres Kilde. Jeg har brugt det paa flere Steder under den kortfattede historiske Oversigt, der er givet S. 117 o. flg. Det støtter sig iøvrigt øjensynligt stærkt paa *Hermann Kopp's* bekendte „Geschichte d. Chemie". Saaledes er det S. 119 gengivne Stykke om *v. Helmont* utvivlsomt oversat efter Kopp's Gengivelse af v. H.'s latinske Tekst, uden at det dog er angivet.

Blandt den uhyre udenlandske Litteratur om Planternes Ernæring findes en Mængde Værker og Tidsskriftartikler, der ogsaa berører Sagens historiske Side, saa at det er vanskeligt med Rette at fremhæve enkelte blandt den store Vrimmel. Let tilgængelige historiske Oplysninger om de ældre Anskuelser før *Justus v. Liebig* findes i:

J. B. Boussingault: „Économie rurale considérée dans ses rapports avec la chimie, la physique et la méteorologie", I—II. Paris 1851.
Eduard Heiden: „Lehrbuch der Düngerlehre", 2. Aufl. I Bd., Berlin 1879.

Af moderne Værker om Planternes Liv:
E. Warming: „Den almindelige Botanik", Kbhvn. 1900.
W. Johannsen: „Lærebog i Plantefysiologi", Kbhvn. 1904.
A. Mayer: „Lehrb. d. Agrikulturchemie", 6. Aufl. I Bd. med Undertitel: „Die Ernährung d. grünen Gewächse", Heidelberg 1905.
L. Jost: „Vorlesungen über Pflanzenphysiologie", 2. Aufl., Jena 1908.

S. 117: [63]) *J. B. Boussingault* anfører efter en gammel spansk Rejsebeskrivelse, at Inkaerne i de sandede Landstrækninger langs Kysten brugte Guano i udstrakt Maalestok. Deres Love havde Dødsstraf for enhver, der forstyrrede Søfuglene i Rugetiden (Chimie agricole III, S. 94). Samme Forf. („Économie rurale" I Bd., S. 791) beskriver vistnok efter samme Kilde, hvorledes det nævnte Folkeslag i de højere Bjergegne, hvortil det var for vidtløftigt at transportere Guano, fabrikerede Poudrette af Menneskeekskrementer til Gødning for deres Majsmarker.

— 129: [64]) Smlg. *S. M. Jørgensen:* „Kemiens Grundbegreber", Kbhvn. 1902, særlig S. 8—10, 32, 142—144.

— 121: [65]) *A. D. Thaer:* „Grundsätzen der rationellen Landwirtschaft", I—IV, Berlin 1810—12. Citatet er med smaa sproglige Forandringer efter *Drewsens* Oversættelse: „Grundsætninger for Landoeconomien", II Bd., Kbhvn. 1816, S. 105.

— 122: [66]) *Francis Home:* „The Principles of agriculture", 3. Ed., London 1762.

En Biografi af denne fremragende Mand, der ogsaa paa Lægevidenskabens Omraade synes at have gjort betydningsfulde Opdagelser, findes i det engelske „Dictionary of national biography", Vol. XXVII, S. 228—229.

— 126: [67]) *E. Ebermayer:* „Physiologische Chemie d. Pflanzen", Berlin 1882, som første Del af samme Forf. „Naturgesetzliche Grundlagen d. Wald und Ackerbaue".
M. P. E. Berthelot: „Chimie végétale et agricole", I—IV, Paris 1899.
J. Wiesner: „Die Rohstoffe d. Pflanzenreiches", 2. Udgave, Leipzig 1900—1903.

En i Omfang kun lille men overordentlig indholdsrig Bog om de organiske Stoffer i Planter er:
A. Tschirch: „Die Chemie und Biologie d. pflanzlichen Sekrete", Leipzig 1908.

— 127: [68]) *E. Ebermayer:* anf. St. S. 37—39.

— 130: [69]) Lærebøger i organisk Kemi er:

O. T. Christensen: „Grundtræk af den organiske Kemi" (244 S.), 4. Udg., Kbhvn. 1905.

S. M. Jørgensen: „Lærebog i organisk Kemi" (584 S.), 2. Udg., Kbhvn. 1906.

Af udenlandske fx.:

V. v. Richter: „Chemie d. Kohlenstoffverbindungen", 10. Udg. Bonn 1901—1903 (I Bd., 746 S., II Bd., 809 S.).

En altomfattende Haandbog i Lexikon-Form er:

F. Beilstein: „Handbuch d. org. Chemie“, I—IV Bd., Hamburg & Leipzig, sidste Udg. fra 1893—94.

S. 132: [70]) Angivelser om Sammensætningerne af Fødemidler og Foderstoffer findes i:

J. König: „Chemie d. menschlichen Nahrungs und Genussmittel“, I—III Bd., Berlin 1903—1910.

„Die Futtermittel des Handels“, Berlin 1906, 1191 S., udgivet af „Verband landw. Versuchstationen“.

Mangfoldige Vejledninger i Analyse af org. Stoffer fra teoretiske og praktiske Synspunkter foreligger. Særdeles brugbare er:

Felix Hoppe-Seyler: „Handbuch d. physiol. und pathol. chem. Analyse“, 7. Aufl., udg. af *H. Thierfelder,* Berlin 1903.

H. Meyer: „Analyse und Konstitutionsermittelung organischer Verbindungen“, 2. Aufl., Berlin 1909.

Praktiske Vejledninger til Analyse af Næringsmidler findes i anførte III Bind af *J. König.*

Analyse af Foderstoffer i:

Max Passon: „Die Praxis d. Agrikulturchemikers“ (295 S.), Stuttgart 1905.

J. König: „Die Untersuchung landw. und gewerblich wichtiger Stoffe“, 3. Aufl., Berlin 1906.

— 137: [71]) „Deutsche landw. Presse“, 32. Jahrg. 1905, S. 802.

— 139: [72]) Smlg. *W. Johannsen*: „Lærebog i Plantefysiologi“, Kbhvn. 1904, S. 270.

— 142: [73]) *R. Sachsze:* „Lehrbuch der Agrikulturchemie“, Leipzig 1888, S. 489.

— 142: [74]) Anført efter *Jost's* under [62]) nævnte Haandbog, S. 221.

— 146: [75]) *Gabrielle L. C. Matthaei:* „Experimental Researches on Vegetable Assimilation and Respiration“, III. „On the Effect of Temperature on Carbon-Dioxide Assimilation“. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B, Vol. 197, London 1905, S. 47—105.

— 152: [76]) Smlg. *Jost's* under [62]) nævnte Haandbog, S. 155.

Fra Oktober 1909 foreligger:

H. B. Hutchinson & N. H. J. Miller: „Direct Assimilation of Amonium Salts by Plants“. Journal of agricultural Science, Vol. III, Part II, 1902.

— 154: [77]) *L. Pasteur:* „Memoire sur les corpuscules organisés qui existent dans l'atmosphère“. Annales de chimie et de physique, 3. Serie Tome LXIV, Paris 1862, S. 1—110.

— 155: [78]) Udvalget af *Boussingault's* Tabeller, der er anført S. 155, er udført af den bekendte tyske Agrikulturkemiker *Adolf Mayer* i den under [62]) anførte Afh., S. 175. A. Mayer deler ganske B.'s Anskuelser.

— 156: [79]) Allerede *Liebig* fremsatte det som en Mulighed, at de grønne Planter assimilerede Luftens fri Kvælstof, om han end ansaa Absorptionen af Ammoniumsalt gennem Rødderne som Hovedkilden til Planternes Kvælstofindhold. *Hartig* hævdede i 1878 Anskuelser, der faldt meget sammen med Liebigs. Botanikere som *Potonie* og *Frank* fremsatte hver for sig meget bestemt udtrykte Opfattelser om, at visse Planter kunde assimilere Luftens Kvælstof. Det er dog først i den

allernyeste Tid, at Spørgsmaalet kan siges at være rykket frem i første Linje navnlig ved nedennævnte Undersøgelser:

J. Jamieson i „Agricultural Research Association". Research Station Glasterberry Miltimber Aberdeen, I 1905, II 1906, III 1907—8. Forfatteren søger at vise, at Plantehaarene er Sædet for Kvælstofassimilationen.

Géra Zemplén & Julius Roth: „Beitrage zur Stickstoffaufnahme des Waldes" i Erdészete Kisérletek Heft. 1—2, Selmecbanya, 1908. Forf., der er fuldt ud paa Højde med planteanatomisk og plantefysiologisk Teknik og fuldkommen hjemme i den mægtige Litteratur om disse Spørgsmaal, giver en med fortrinlige Afbildninger og en Mængde Analyser udstyret Undersøgelse af Plantehaar og lignende Dannelser hos en Mængde Træarter og slutter sig fuldstændig til *Jamieson's* Anskuelser.

S. 158: 80) *E. Henry:* „Les sols forestiers", Paris og Nancy 1908. S. 128.

— 158: 81) *E. Ramann:* „Bodenkunde", 2. Aufl., Berlin 1905, S. 363.

— 162: 82) *M. P. E. Berthelot:* „Chimie végétable et agricole", I Bd, Paris 1899.

— 167: 83) Anført efter *A. Mayer:* „Die Ernährung d. grünen Gewüchse", Heidelberg 1905, S. 207.

— 167: 84) *Max Passon:* „Die Praxis des Agrikulturchemikers", Stuttgart 1905, S. 10.

— 172: 85) *J. v. Liebig:* „Die Chemie in der Anwendung auf Agrikultur". Den anførte Sætning findes lidt forskellig lydende men med samme Mening flere Steder. Smlg. 7. Aufl., Braunschweig 1862, II, S. 108.

— 173: 86) *Bille-Gram:* „Undersøgelser over de i forskellige Plantedele indeholdte Kalksalte". Kgl. d. Vid. Selsk. Skrifters naturv. math. Afd., 7. R., VIII, 2, Kbhvn. 1909.

— 174: 87) Anført efter *Jost's* under 62) nævnte Haandbog, S. 33.

— 175: 88) *W. Johannsen:* i det under 72) anførte, S. 214.

— 177: 89) *Oswald Schreiner & Howard S. Reid* foruden flere tidligere Afh. er navnlig følgende vigtige:

„Some factors influencing soil fertility". Bulletin Nr. 40. Washington 1907.

„Certain organic constituents of soils in relation to soil fertility". Bulletin Nr. 47, Washington 1907.

O. Schreiner & E. C. Shorey: „The isolation of harmful organic substances from soils". Bulletin Nr. 53, Washington 1909.

O. Schreiner & Howard S. Reid: „The rôle of oxidation in soil fertility". Bullétin Nr. 56, 1909. Heri vises, at Rødderne ogsaa udskiller iltende Enzymer.

Bureau of soils. U.S. Department of agriculture.

— 180: 90) *Edvard John Russell & Henry Brougham Hutchinson:* „The effect of partial sterilisation of soil on the production of plant food". Journal of agricultural science. Vol. III, Part. II, Cambridge 1909, S. 111.

Sterilisering af Jord og Forandringerne i Frugtbarhed ved denne Proces er ogsaa tidligere studeret særlig af de tyske Forskere *Nobbe* og *Richter* ved at tilsætte Stoffer som Kloroform, Æter, Svovlkulstof og Benzol.

S. 182: [91]) *Wilh. Wolf:* „Die Sausure'schen Gesetze der Aufsaugung von einfachen Salzlösungen durch die Wurzel der Pflanzen". Die landw. Versuchs-Stat., Bd. VI, Chemnitz 1864, S. 203—230.
Wilh. Wolf: „Chemische Untersuchungen über das Verhalten von Pflanzen in der Aufnahme von Salzen aus Salzlösungen, welche zwei Salze gelöst enthalten". Smstds., Bd. VII, 1865, S. 193—218.

— 183: [92]) Anvendelsen af de enkelte Plantenæringsstoffer til Opbygning af den levende Plantes Væv findes foruden i de forskellige større plantefysiologiske Haandbøger udførligt omtalt i:
Oscar Löw: „The physiological rôle of mineral nutrients". Bulletin Nr. 18. Division of vegetable physiology and pathology. U. S. Department of agriculture. Washington 1899.
Oscar Löw & D. W. May: „The relation of lime and magnesia to plant growth". Bulletin Nr. 1. Bureau of plant industry. U. S. Department of agriculture. Washington 1901.

— 185: [93]) Paa Foranledning af de forenede Staters Landbrugsministerium er der udarbejdet to fortrinlige Beretninger om Vanding og Afvanding i Indien og Ægypten, foruden de mange Specialundersøgelser, der haves fra engelsk Side. De nævnte to Værker er:
H. M. Wilson: „Irrigation in India". U. S. Geol. Survey. Water-Supply and Irrigation Paper Nr. 87, 2. Ed., Washington 1903.
Thos. M. Means: „Reclamation of alkali lands in Egypt". Bulletin Nr. 21. Bureau of soils. U. S. Department of agriculture. Washington 1903.

— 186: [94]) *K. R.:* „Jordbundsundersøgelser og agronomiske Kaart i andre Lande og i Danmark". Tidsskrift f. Landøkonomi 1907.

— 187: [95]) *A. W. Hauch:* „Om Nytten af en populær Hydrologie med Hensyn paa Kunster, Haandteringer og almindelig Velstand". Skandinavisk Museum ved et Selskab. I Bd., Kbhvn. 1803, S. 1—24.

— 188: [96]) *K. R.:* „Om Arresøens Vandstand". Geografisk Tidsskrift, Bd. 12, Hefte 5—6.

— 189: [97]) *K. R.:* „Beskrivelse til Kaartbladene Kjøbenhavn og Roskilde". D. G. U., I R. Nr. 6, Kbhvn. 1899, S. 95 o. flg.

— 193: [98]) *P. E. Müller & Fr. Weis:* „Studier over Skov- og Hedejord". Det forstlige Forsøgsvæsen, I Bd. 3. Hft., Kbhvn. 1906.

— 195: [99]) *B. Sjollema:* „Anwendung v. Farbstoffen bei Bodenuntersuchungen". Journ. f. Landwirtschaft, Bd. 53, Groningen 1905, S. 67—69. Ref. i Chem. Centralblatt 1. Bd., 1905, S. 768.

— 196: [100]) Jahresberichte über die Fortschritte der Agrikulturchemie, 1. Jahrg. 1858—1859, Berlin 1860, S. 19.

— 197: [101]) *J. M. van Bemmelen:* „Die Absorptionsverbindungen und das Absorptionsvermögen der Ackererde". Die landwirtsch. Versuchsstat. XXI, S. 135 o. flg., XXIII, S. 293, XXxV, S. 69.

— 197: [102]) *H. E. Patten & W. H. Waggaman:* „Absorption by soils". Bulletin Nr. 52. U.S. Department of agriculture. Washington 1908.

— 197: [103]) *J. Lemberg* (Dorpat): „Ueber Silicatumwandlungen". Zeitschrift d. deut. geol. Gesellschaft XXVIII, Berlin 1876, S. 575—579.

— 200: [104]) *K. R.:* den [97]) anf. Afh.

S. 202: [105]) *C. G. Schillings:* „Mit Blitzlicht und Büchse", 3. Aufl., Leipzig 1907, S. 48 o. flg.

Smlg. ogsaa flere Steder i: *F. C. Selous:* „A hunter's wanderings in Africa", London 1907.

— 202: [106]) *Gösta Grotenfelt:* „Det primitive Jordbrukets Metoder i Finland under den historiske Tiden", Helsingfors 1899.

— 203: [107]) En særdeles fuldstændig Beskrivelse med en Mængde interessante historiske Oplysninger, Analyser m. m. findes i:

Ed. Heiden: „Lehrbuch der Düngerlehre", 2. Aufl., I—II Bd., Berlin 1879—1887.

Fra den nyeste Tid haves en omfattende og klar Vejledning i Gødningernes Anvendelse i:

John Sebelien: „Læren om de saakaldte kunstige Gødningsstoffer", Kristiania 1907 (183 S.).

— 208: [108]) *K. R.:* „Fremtidsudsigterne for naturlige og kunstigt fremstillede Kvælstofforbindelser i Landbrugets Tjeneste". Tidsskrift f. Landbrugets Planteavl XII, Kbhvn. 1905.

K. R.: „Vore Kunstgødninger. I. Kvælstofgødninger i 1905". Tidsskrift f. Landøkonomi, Kbhvn. 1906.

Meget oplysende Fremstillinger af Salpeterets Forekomst og Udvinding findes i:

L. Darapsky: „Das Departement Taltal (Chile)", Berlin 1900,
Semper & Michels: „Die Salpeterindustrie Chiles", Berlin 1904.

Aarligt udkommer i Liverpool:

Bradbury & Hirsch: „Review of the market for Sulphate Ammonia". Heri ogsaa en Mængde statistiske Oplysninger om Salpeterhandelen og Salpeterforbruget hele Verden over.

— 210: [109]) *J. Stocklasa:* Über die Menge und die Ursprung des Ammoniaks in den Producten der Vesuveruption in April 1906". Berichte der deut. chem. Gesellschaft, 39. Jahrg., Bd. III, Berlin 1906, S. 3530 o.flg.

— 215: [110]) Angaaende Litteratur om Resultaterne af „Lokale Markforsøg" i Danmark maa henvises til Katalogerne over den kgl. Veterinær- og Landbohøjskoles Bibliothek.

— 216: [111]) *F. Kölpin-Ravn:* „Ukrudtsplanterne og Jordens Beskaffenhed". Et Afsnit i et større Arbejde i „Tidsskrift for Landbrugets Planteavl", 15. Bd. 3. Hft., S. 450—459, Kbhvn. 1909.

— 216: [112]) *E. W. Prewost*, Tamworth (England): „Beitrage zur Kenntniss der Beschädigung der Pflanzen durch Hüttenrauch". Die landwirt. Versuchs-Stationen, Bd. XXXV, Berlin 1888, S. 25 o. flg.

REGISTER

RETTELSE

Side 153, midt paa Siden:

COOH	rettes til	COOH
COOH		CHOH
CH_2		CH_2
COOH		COOH
Oxyravsyre eller Æblesyre		Oxyravsyre eller Æblesyre

